RICORDO del Professore Commendatore **Giuseppe Domenico Botto** al Gabinetto di Fisica dell' Università di Torino dato dal Nipote ed Erede GIAMBATTISTA BOTTO di Parma.

MÉMOIRE

SUR LES VOLUMES ATOMIQUES

DES CORPS COMPOSÉS

PAR

LE COMTE AVOGADRO

St. 1. 4

FIS N°. Tav 1362

R. Università di Torino
ISTITUTO DI FISICA

TURIN

IMPRIMERIE ROYALE

1845.

BOTTO Pre ANO MEM
R.L.A. 3020
Precisazione inventario: 1 V. - Sul contropiatto ant.: etichetta di dono (Fondo Botto)

EXTRAIT DES MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Tome VIII. Série II.

INTRODUCTION.

Dans le Mémoire que j'ai lu dernièrement à l'Académie sur les volumes atomiques des corps solides et liquides, j'ai cherché à établir que dans les corps élémentaires la distance des molécules intégrantes, et par conséquent l'espace qu'elles occupent dans le volume total du corps, ou le volume atomique, comme on l'a appelé, rapporté à ces molécules, telles qu'elles sont dans l'état des corps que l'on considère, ne varie d'un corps à l'autre (abstraction faite de quelques petites différences ou irrégularités dépendantes de leur cohésion, et autres circonstances de leur constitution), que par le rang qui leur appartient dans la série électro-chimique, et par lequel ils sont plus ou moins électro-positifs, ou électro-négatifs les uns par rapport aux autres, et par là plus propres à former des acides, ou des bases dans leurs combinaisons; la distance des molécules, et par conséquent leur volume atomique, d'après les résultats auxquels je suis parvenu, se trouve plus grande dans les corps plus positifs ou moins négatifs, et moindre dans les corps plus négatifs ou moins positifs, sans que la masse de la molécule exerce à cet égard

une influence notable. J'ai cherché d'après cela, dans le même Mémoire, à déterminer la masse de la molécule intégrante qu'on pouvait supposer aux différens corps solides par suite de réunions ou divisions des atomes chimiques qu'on leur attribue ordinairement, pour faire accorder la suite de leurs volumes atomiques avec leur ordre dans la série dont je viens de parler; j'ai ensuite comparé ces volumes atomiques aux pouvoirs neutralisants acides ou basiques de quelques-uns de ces corps tels que je les avais établis dans un Mémoire antérieur par des considérations purement chimiques, et j'en ai déduit une liaison entre ces volumes et les degrés mêmes d'élévation des corps dans la série électro-chimique de la quelle dépendent ces pouvoirs; j'ai obtenu ainsi des valeurs numériques de ces degrés, et j'ai désigné les nombres qui les représentent, en allant des plus négatifs aux plus positifs, par le nom de *nombres affinitaires*.

Je me propose maintenant d'examiner jusqu'à quel point, et de quelle manière la loi à laquelle j'ai été conduit, quant aux corps simples ou élémentaires, pour la dépendance entre leurs volumes atomiques ou moléculaires, et leurs nombres affinitaires peut s'étendre aux corps composés, eu égard aux nouvelles réunions ou divisions d'atomes qu'on peut admettre dans leur formation.

Les auteurs qui se sont occupés des volumes atomiques des corps, et dont j'ai comparé les idées et les résultats avec les miens dans mon Mémoire précédent, ont aussi compris dans leurs recherches les corps composés. Mais ces auteurs ayant adopté des vues différentes de celles que j'ai proposées pour les volumes atomiques des corps simples, ont aussi été conduits à une manière d'envisager les corps composés relativement à cet objet, tout-à-fait différente de celle que je crois devoir suivre dans le présent Mémoire. Ils ont en général admis des volumes atomiques très-différents entr'eux pour les différents corps simples, parcequ'ils ont déduit ces volumes, pour la plus part des corps, des masses de leurs atomes telles que les Chimistes les ont établies, comme les plus probables, d'après leurs proportions dans les combinaisons, sans tenir compte des réunions ou divisions de ces atomes qui peuvent avoir lieu pour former la molécule intégrante telle qu'elle est à l'état solide ou liquide; et ils ont au contraire considéré comme dues simplement aux erreurs des observations, ou à des circonstances particulières d'aggrégation, les différences que j'ai attribuées aux degrés d'élévation des

corps dans la série électro-chimique, et qui se présentent dans les corps où ces réunions ou divisions n'ont pas lieu, ou se font selon un système semblable et n'en changent pas par conséquent le rapport. En passant ensuite aux corps composés, ces mêmes auteurs ont supposé que le volume de leurs atomes résultait de la simple juxta-position des atomes de leurs composants, retenant le volume même qu'ils avaient à l'état d'isolement, ou n'en offrant que de légères altérations; ou bien encore ils en ont admis quelquefois des réunions ou divisions pour chaque composant séparément, et ils ont seulement cherché à trouver des rapprochements ou des lois plus ou moins simples entre les corps de composition analogue, relativement à la formation de leurs atomes composés.

Mais cette supposition que la molécule d'un corps composé soit formée par la juxta-position des molécules composantes avec un volume déterminé séparément pour chacune d'elles, ne me semble pas pouvoir se concilier avec la manière la plus naturelle d'envisager la formation de ces molécules composées dans les combinaisons des corps entr'eux. En effet ce qu'on a appelé le volume atomique d'un corps n'est que l'espace appartenant à chaque molécule intégrante, dans le volume total du corps, d'après la distance à laquelle ces molécules s'y tiennent; c'est proprement la grandeur de la sphère d'éther ou de calorique, ou autre fluide impondérable quelconque, qu'on peut concevoir environner ces molécules, et remplir les intervalles entre les unes et les autres. Lorsqu'une ou plusieurs molécules d'un corps se joignent à une ou plusieurs molécules d'un autre corps, de manière à ne plus former qu'une seule molécule intégrante composée, ainsi que cela doit avoir lieu dans la combinaison de ces deux corps, on ne voit pas comment les distances auxquelles se tenaient les molécules dans les corps composants puissent encore se maintenir, ou même être considérées séparément sous une modification quelconque dans les molécules composées; c'est la distance entre les centres des différentes molécules composées qui doit déterminer ce qu'on appelle le volume atomique de la combinaison, et il s'agit seulement de voir jusqu'à quel point la nature des différens corps, de laquelle dépendait la distance de leurs molécules lorsqu'elles étaient séparées, peut contribuer encore à modifier la distance entre les molécules des deux espèces et par là la distance entre les molécules composées mêmes. Et quant aux divisions ou réunions de molécules qu'on peut admettre dans les combinaisons, c'est aussi sur les molécules com-

posées résultant immédiatement de l'union des molécules composantes qu'il faut les considérer, et non sur les molécules partielles qui ont concouru à leur formation, et qui par là ont cessé d'être des molécules intégrantes, relativement au corps composé (1).

Maintenant, puisque nous avons vu que la masse ou poids des molécules dans les corps simples ne parait pas influer notablement sur leur distance, ou sur le volume atomique, et que la différence de constitution résultant du nombre et de la disposition des atomes partiels homogènes qu'on peut supposer entrer dans les molécules intégrantes des corps simples, et d'où peuvent dépendre la cohésion et autres qualités physiques de ces corps, ne parait aussi avoir qu'une influence secondaire, et comme perturbatrice à cet égard, il est naturel de penser qu'il en est de même des molécules intégrantes des corps composés, et que la distance de ces molécules, et par conséquent le volume atomique serait à-peu-près le même pour tous les corps composés comme pour les corps simples, en ayant égard aux divisions ou réunions d'atomes qui peuvent avoir lieu dans leur formation, si la qualité électro-chimique des corps n'y exerçait encore, comme dans les corps simples, une influence considérable.

J'ai trouvé dans le 1.er Mémoire que pour les corps simples le volume atomique pouvait être admis, au moins approximativement, d'après les observations, comme suivant le rapport des puissances 3.es des *nombres affinitaires*, nombres qui expriment pour chaque corps, comme je l'ai dit, le degré de la qualité électro-chimique, dont je viens de parler, et d'où dépend, de la manière indiquée dans le même Mémoire, leur pouvoir neutralisant positif ou négatif.

(1) La manière dont M. FARADAY a considéré la combinaison dans une note publiée dans le *Philos. magaz.* février 1844, rapportée aussi dans la *Biblioth. univers.* cah. de Juin de la même année, revient essentiellement à celle que nous admettons ici. Adoptant comme probable une idée de BOSCHOWICH, que ce que nous appellons des atomes ne soient que des points mathématiques, d'où partent les forces que nous attribuons aux atomes, il conçoit la combinaison comme consistant en une pénétration mutuelle de deux ou plusieurs de ces sphères d'action dont les centres viennent à coïncider. Or que les atomes des corps soient de très-petites particules de matière impénétrable, séparées entr'elles par des intervalles très-grands relativement à leur grosseur, comme on le suppose communément, ou qu'elles ne soient que des points mathématiques, c'est là une question qui tient plutôt à la métaphysique qu'à la physique, et dont la décision n'influe en rien sur les effets sensibles. En admettant ces atomes matériels, la coïncidence des centres d'action de FARADAY est remplacée par le contact ou par un très-grand rapprochement de ces petits atomes, tandis que les sphères qu'ils occupent, ou ce qu'on appelle leurs volumes atomiques, se confondent en une seule tout aussi bien dans une de ces hypothèses que dans l'autre.

Le nombre affinitaire d'un corps composé, selon le principe de Berthollet sur l'influence des masses, qui a servi de base à mes déterminations précédentes, soit des pouvoirs neutralisants, soit des nombres affinitaires, peut être calculé par une simple règle d'alliage, d'après la proportion pondérale dans laquelle les composants concourent à la formation des corps composés, lorsqu'on connait les nombres affinitaires des composants. Le volume de la molécule intégrante d'un corps composé, en l'assimilant à cet égard a celle d'un corps simple, devra donc être proportionnel à la puissance 3.e de son nombre affinitaire ainsi calculé. C'est ce qu'il s'agit de vérifier par la comparaison du volume atomique des différents corps composés avec ceux de leurs composants, dans des hypothèses assez simples et assez naturelles pour être admises sur les divisions ou réunions de molécules dans leur formation, et par là sur la masse de la molécule intégrante dont le quotient par leur densité doit nous donner le volume atomique. Ce sont ces comparaïsons, et les discussions auxquelles elles peuvent donner lieu, qui formeront l'objet principal du présent Mémoire.

On y verra qu'en effet la loi dont il s'agit appliquée aux corps composés les plus connus, en attribuant à leurs composants élémentaires les nombres affinitaires approchés que nous avons trouvés pour eux dans le 1.er Mémoire, nous conduit en général à admettre pour les corps de composition analogue des systêmes de division ou de réunion semblables, et assez simples, relativement à l'atome qui résulterait immédiatement de l'union des atomes chimiques de leurs composants. Je ne suppose dans ces applications que des réunions de deux ou trois molécules, et quant aux divisions possibles je n'emploie qu'une seule division, ou des divisions successives par 2, ou ce qui revient au même des divisions faites tout d'un coup par une puissance de 2, y compris la première, parceque ce ne sont que ces sortes de division que nous présentent les composés gazeux formés de corps simples aussi gazeux, en considérant leurs volumes égaux comme représentant leurs molécules intégrantes à l'état de gaz, ainsi qu'on l'admet aujourd'hui généralement; en en supposant de semblables dans les corps composés en général on ne fait qu'étendre à ces corps dans l'état solide ou liquide, ce que l'observation nous présente effectivement dans les corps composés gazeux.

Je rappellerai au reste ici la remarque que j'ai déjà faite dans le 1.er Mémoire relativement à la difficulté que quelques-uns pourraient

trouver à admettre la division d'un atome, c'est-à-dire d'une particule qui, d'après l'étymologie de ce nom, paraîtrait devoir être physiquement indivisible. Les nombres qu'on assigne au poids des atomes en chimie ne sont que l'expression des rapports de ces atomes entr'eux, et avec celui d'un corps particulier, tel que l'oxigène, dont on prend l'atome pour déterminer l'unité des autres; or si ces rapports existent entre les atomes proprement dits ou particules indivisibles de ces substances, ils ne cesseront pas d'avoir lieu entre des molécules intégrantes formées d'un même nombre de ces atomes, nombre dont la valeur nous est inconnue dans un état donné de chaque corps; on peut donc toujours admettre que la molécule, dans l'état du quel on part pour la division, soit réellement formée d'un certain nombre de ces atomes indivisibles, qui ne fera que se diminuer par la division supposée. Les puissances de 2 par les quelles nous serons conduits dans ce Mémoire à admettre de semblables divisions des atomes élémentaires, ne seront ordinairement que la première ou la seconde, plus rarement la 3.^{e} ou la 4.^{e}, c'est-à-dire, que la division la plus ordinaire sera en 2 ou en 4, et quelquefois en 8 ou en 16. Dans un très-petit nombre de cas seulement nous serons obligés d'aller au-delà; mais quelque soit le nombre que ces divisions puissent avoir pour limite définitive, cela nous porte seulement à supposer que dans les corps simples mêmes, la molécule intégrante peut être composée d'un nombre semblable d'atomes indivisibles, et que par conséquent si le poids de cette molécule présente, avec le poids de la molécule de l'oxigène, le même rapport que la chimie attribue à l'atome de chacun de ces corps, la molécule de l'oxigène qui leur sert d'unité doit être aussi conçue comme formée, dans un état analogue, de ce même nombre d'atomes indivisibles.

Le système de réunion ou de division d'atomes auquel je m'arrête, d'après ce qui précède, pour chaque corps composé, est celui qui est propre à satisfaire prochainement à sa densité comparée au poids de l'atome composé qui en résulte, et par là au volume de sa molécule, en ayant égard au nombre affinitaire du composé, calculé par ceux de ses composants établis dans mon 1.^{er} Mémoire. Mais ces nombres affinitaires des composants n'ont été eux-mêmes fixés qu'approximativement, puisqu'ils ne l'ont été que par la considération de leur volume moléculaire à l'état isolé, volume que nous avons admis pouvoir être légèrement influencé, indépendamment des nombres affinitaires, par des circonstances de cohésion, de fusibilité etc., tenant à la constitution

particulière des molécules de chaque corps, sans parler des erreurs d'observation et des incertitudes dont leurs densités peuvent être affectées. Or la comparaison même du nombre affinitaire qui résulte pour les composés, d'après notre loi, de leur densité, et du poids de leur atome, avec celui qui serait déduit des nombres affinitaires de leurs composants, et de leur proportion pondérale dans chaque composé, peut servir à rectifier ces nombres affinitaires mêmes, et par là les volumes atomiques des composants, en faisant concourir à leur détermination un certain nombre de corps différents, et prenant des moyennes entre les résultats qu'on en obtiendra. En effet le système de division des atomes, et par là le poids de la molécule intégrante étant une fois admis, par exemple, pour un composé binaire ou de deux seuls éléments, il est clair qu'en substituant dans l'expression du nombre affinitaire du composé, tel qu'on le déduit de sa densité, et du poids de cette molécule, le nombre affinitaire d'un des composants, tel qu'on l'a établi par la considération de son volume atomique à l'état isolé, on en tirera la valeur du nombre affinitaire de l'autre composant, tel qu'il doit être pour satisfaire d'après notre loi à la densité du composé; cette valeur sera en général un peu différente de celle qu'on avait déduite de la densité du composant à l'état d'isolement; mais la moyenne entre les deux pourra être regardée comme plus approchant du vrai que chacune d'elles. On trouvera de même une nouvelle valeur du nombre affinitaire du premier de ces composants, par la comparaison du volume atomique du composé avec le volume atomique du second à l'état isolé. En outre si l'on a deux composés de ces mêmes composants, en différentes proportions, on pourra déduire aussi à la fois de la combinaison des équations fournies par ces deux composés, de nouvelles valeurs des nombres affinitaires de leurs deux composants. Et en général, en combinant de même entr'elles les expressions fournies, d'après nos suppositions, par plusieurs composés différents, on en pourra tirer des valeurs des nombres affinitaires de leurs composants considérés comme autant d'inconnues. On trouvera donc ainsi pour chaque substance simple un nombre plus ou moins grand de valeurs différentes de son nombre affinitaire à ajouter à celle trouvée dans le 1.er Mémoire, d'après la considération de la même substance à l'état isolé; et en prenant la moyenne de toutes, on aura une valeur plus exacte de ce nombre pour chacune d'elles, les erreurs et les anomalies présentées par les différents corps simples ou composés, relativement à la loi dont il s'agit, devant

nécessairement se compenser, par leurs différences en plus et en moins dans ces différents corps.

Cependant cette méthode ne pourra être appliquée d'une manière convenable et dans toute son étendue qu'après une opération préliminaire que je dois ici indiquer. Les nombres affinitaires des substances simples qui entrent dans les différens composés que nous aurons à considérer, n'ont pas été déterminés tous dans le 1.er Mémoire par le volume atomique de ces substances à l'état isolé. Celui de l'oxigène en particulier, en prenant pour unité celui de l'or, comme pour les autres, n'a été déterminé que par la comparaison du nombre affinitaire d'un des corps simples (le potassium) déduit de son volume atomique à l'état solide, avec le pouvoir neutralisant positif de ce corps, tel que je l'avais établi précédemment, en prenant pour unité celui négatif de l'oxigène, dans un Mémoire lu à l'Académie en 1835 et publié dans le Tome XXXIX de ses Mémoires, et par extrait dans les *Annales de chimie et de physique*, avril 1836, et cela en partant d'une détermination approchée du point de la neutralité dans l'échelle des nombres affinitaires, comme intermédiaire entre les nombres affinitaires de deux corps voisins de ce point, ou ayant un pouvoir neutralisant peu considérable et de signe opposé. Les différents nombres qu'on déduirait des combinaisons dont nous avons parlé des équations fournies par les différents composés, et où entrerait l'oxigène, comme corps composant, et par conséquent les moyennes qu'on en calculerait pour les nombres affinitaires des autres composants, seraient donc toutes affectées de l'erreur qu'il peut y avoir dans les valeurs de ces deux élements du calcul. Mais les combinaisons deux à deux des équations fournies d'après nos lois par les différents corps simples, ou par les différents composés formés de corps simples, dont nous connaissons à la fois le nombre affinitaire approché par leurs volumes atomiques à l'état isolé, et le pouvoir neutralisant par les considérations employées dans le Mémoire cité de 1835, nous donnent aussi le moyen de rectifier ces deux points, en considérant le nombre affinitaire qui répond au point de la neutralité, et le nombre affinitaire de l'oxigène dont on prend le pouvoir neutralisant pour unité de ces pouvoirs, comme deux inconnues à déterminer par leur moyen. Les moyennes des valeurs de ces deux quantités déduites de ces différentes combinaisons, pourront ensuite être introduites au lieu de celles que nous avions admises dans notre 1.er

Mémoire, avec les valeurs des nombres affinitaires qui en résulteront pour les composants dont le nombre neutralisant est connu, dans les équations fournies par les différents composés, pour déterminer plus exactement, comme nous avons dit, par des moyennes les nombres affinitaires des autres corps simples. La plus part de ces équations se trouveront même réduites par là à ne plus contenir qu'une seule inconnue relative à une des substances composantes, en sorte qu'elles fourniront par elles seules, sans aucune combinaison, des valeurs de cette inconnue.

Telle est la marche que je me propose de suivre dans ce Mémoire. En rectifiant ainsi les nombres affinitaires que j'avais déduits dans mon Mémoire précédent de la considération du volume atomique des corps simples à l'état isolé, et y joignant celles que je calculerai de la même manière pour quelques corps simples qui ne sont guère connus que par leurs combinaisons, et dont je n'avais pu m'occuper en conséquence dans ce Mémoire là, je crois pouvoir en former un tableau représentant d'une manière assez approchée la position des différentes substances élémentaires dans la série électro-chimique et leurs véritables rapports à cet égard, sur lesquels on n'avait jusqu'ici que des idées vagues et incertaines. Quelques-unes des substances pour lesquelles j'avais laissé en suspens la détermination de la molécule solide, et par là du nombre affinitaire dans mon 1.^{er} Mémoire, pourront maintenant trouver leur place dans ce tableau, d'après la considération de leurs composés. Je ne laisserais plus en déhors que quelque corps dont les composés offrent encore des doutes sur leurs rapports atomiques, ou qui exigent à cet égard des discussions particulières, dont je pourrai m'occuper par la suite séparément. Je me suis abstenu en particulier de faire entrer dans mes recherches les corps organiques, soit à cause de la complication de composition de la plus part d'entre eux, qui peut laisser quelques fois dans le doute sur le nombre précis des atomes composants, soit parceque plusieurs de ces corps n'étant connus qu'à l'état liquide, il aurait fallu entrer dans des discussions sur la température à laquelle ils seraient le plus exactement comparables entr'eux sous le point de vue des leurs volumes moléculaires, tandis que dans ce Mémoire, comme dans le précédent relatif aux corps simples, je me suis borné à l'approximation rapportée à l'état solide des corps pris à la température ordinaire, ou à la densité qu'on pourrait supposer à quelques-uns des corps

liquides réduits à l'état solide, en la regardant en moyenne comme peu différente de celle qui leur appartient à l'état liquide. On pourrait d'ailleurs soupçonner que les causes de perturbation que nous avons admises dans l'application de nos principes pourraient avoir une plus grande influence sur ces corps dont la molécule intégrante résulte de l'union d'un grand nombre d'atomes composants, ce qui rendrait ces corps moins propres aux déterminations dont il s'agit dans ce Mémoire, et exigerait par là pour ces corps des considérations particulières.

Quant aux substances que je crois pouvoir comprendre dans le tableau, les sources d'incertitude qui peuvent encore rester sur la valeur précise de leurs nombres affinitaires, consistent principalement dans le nombre plus ou moins limité de composés dont j'ai pu faire usage, et dans les inexactitudes dont pourraient être affectés les pouvoirs neutralisants de quelques-uns des corps simples, tels que je les ai admis dans mon Mémoire de 1835, et qui servent de base, selon ce que nous avons vu, aux déterminations des nombres affinitaires déduits de la considération de leurs composés. Mais la marche une fois tracée, il sera facile d'en rectifier et d'en étendre l'application à mesure que des observations nouvelles fixeront plus exactement, et multiplieront les données dont on doit se servir dans ces calculs.

Les déterminations des systèmes de réunion ou division d'atomes dans la formation des composés, auxquelles nous serons conduits par l'examen de ces composés relativement à notre objet dans le cours de ce Mémoire, ne seront pas dénuées d'intérêt en elles-mêmes par les analogies de constitution qu'elles nous présenteront, ainsi que je l'ai déjà annoncé, entre les molécules de ces composés. Au reste, encore ici, comme dans le Mémoire sur les volumes atomiques des corps simples, je ferai abstraction des considérations relatives à la chaleur spécifique auxquelles la grosseur des molécules intégrantes résultant des systèmes d'union ou de division d'atomes, dont nous venons de parler, pourrait donner lieu. Ce n'est que par un ordre de recherches trop éloigné de celui du présent Mémoire, qu'on peut chercher à raccorder ces deux genres de considérations, d'après les modifications qu'elles peuvent nous conduire à admettre dans la manière d'appliquer et d'étendre aux corps composés la loi de Dulong et Petit. C'est un sujet duquel je me suis déjà occupé dans des Mémoires précédents, mais sur lequel j'espère pouvoir revenir par la suite.

A la fin du présent Mémoire je comparerai les résultats qui en font l'objet, avec les conséquences que les différens auteurs qui se sont occupés des mêmes points, ont cru pouvoir tirer des observations mêmes dont j'ai fait usage, d'après leur manière sus-indiquée de considérer les volumes atomiques des corps composés; et je chercherai à démêler ce que ces conséquences ont d'accidentel, et ce qu'elles offrent de réel, lorsqu'on les rapporte aux principes que j'ai cru devoir suivre à cet égard.

§ 1.er

Détermination des systèmes de réunions ou divisions de molécules dans la formation des divers composés.

Nous allons examiner successivement sous ce point de vue des composés de différentes classes, dont on connait avec quelque précision la densité à l'état solide ou liquide; nous chercherons quel est le système de réunions ou divisions à appliquer aux molécules formées immédiatement par la combinaison de leurs atomes élémentaires, pour satisfaire prochainement à cette densité observée, d'après la connexion que nous avons cru pouvoir établir entre le volume de l'atome des corps, et leur nombre affinitaire; ce nombre pour chaque corps composé doit être calculé, comme nous avons dit, par une règle d'alliage, en partant des nombres affinitaires de leurs composants, tels que nous les avons déduits, dans notre 1.er Mémoire, des volumes atomiques qui leur appartiennent à l'état d'isolement. Si ces systèmes se trouvent assez simples pour être admis, et en outre semblables en général pour les corps de composition atomique analogue, il en résultera une confirmation en faveur des principes que nous avons adoptés (1).

---

(1) Les densités ou poids spécifiques que je prends pour bases dans les calculs contenus dans ce Mémoire, outre celles plus généralement connues, sont surtout celles établies expérimentalement par BOULLAY, KARSTEN, et autres auteurs à l'occasion de leurs recherches sur les volumes atomiques, dont il sera parlé dans la dernière section de ce Mémoire, et dont M. HERMANN KOPP a déjà fait usage dans son travail sur le même sujet. Pour quelques substances qui se trouvent en nature j'ai aussi profité des déterminations des poids spécifiques adoptées par les Minéralogistes.

I. *Oxides.*

Nous commencerons par les oxides des métaux, pour lesquels nous avons admis dans le 1.er Mémoire pour molécule intégrante à l'état solide, relativement à celle de l'or, l'atome chimique même qu'on leur attribue, et nous examinerons d'abord ceux qui résultent de l'union d'un seul atome d'oxigène avec cette molécule ou atome métallique.

L'oxide mercurique $Hg+O$ de Berzelius (1) nous en offrira le premier exemple, et ce que nous en dirons donnera une idée claire de la méthode que nous nous sommes proposés de suivre dans ces calculs, et que nous avons annoncée d'une manière générale dans l'Introduction.

La molécule solide qui résulte immédiatement pour cet oxide, de l'union de l'atome de mercure, qui est aussi, selon nous, sa molécule à l'état solide ou liquide, avec l'oxigène, est $12{,}66+1=13{,}66$ en prenant pour unité l'atome de l'oxigène, et en nous bornant à deux décimales; c'est aussi le poids de l'atome que les Chimistes attribuent à cet oxide. D'un autre côté la densité de l'oxide a été trouvée 11,0 par Boullay, 11,1 par Herapath, et 11,2 par Karsten, moyenne 11,1, en prenant la densité de l'eau pour unité. On aurait donc $\frac{13,66}{11,1}=1,231$ pour le volume atomique de ce composé, si on n'y supposait point de division de l'atome composé, et en retenant les unités dont nous venons de parler; le volume atomique de l'or étant 0,645 dans les mêmes unités, ainsi qu'on a vu dans le 1.er Mémoire, on aurait alors pour volume atomique de l'oxide de mercure, en parties de celui de l'or, que nous continuerons à prendre pour unité des volumes atomiques, $\frac{1,231}{0,645}=1,908$. Mais voyons quel est le volume atomique que ce même oxide devrait présenter, d'après la connexion que

(1) Je me servirai dans tout ce Mémoire, pour désigner les différents composés que j'aurai à considérer, des noms les plus généralement usités; les formules auxquelles je les rapporterai en écarteront d'ailleurs toute ambiguité. J'ai publié dernièrement dans les *Actes de la Société Italienne* (T. XXIII, partie Physique) un Mémoire dans lequel j'ai proposé une nouvelle nomenclature tendant à exprimer d'une manière plus rigoureuse et uniforme tous les composés chimiques : mais cette nomenclature ne pouvant encore être généralement connue, je m'abstiendrai ici d'en faire usage, pour ne pas compliquer l'exposition de mon sujet d'un langage nouveau, qui en rendrait l'intelligence plus difficile.

nous y admettons avec le nombre affinitaire qu'il doit posséder par suite de sa composition. Le nombre affinitaire du mercure, tel que nous l'avons déduit dans le 1.er Mémoire, de la densité qu'il aurait à l'état solide, ou du volume 1, 266 appartenant à sa molécule en cet état, est 1, 082 en prenant pour unité le nombre affinitaire de l'or ; et nous avons admis dans le même Mémoire, d'après les données que nous y avons employées, 0, 214 pour la valeur approchée du nombre affinitaire de l'oxigène dans la même unité. La proportion en poids du mercure et de l'oxigène dans l'oxide dont il s'agit est 0, 927 de mercure et 0, 073 d'oxigène ; nous aurons donc, d'après la règle d'alliage dont nous avons parlé dans l'Introduction, pour le nombre affinitaire de cet oxide, toujours dans la même unité,

$$1,082 . 0,927 + 0,214 . 0,073 = 1,003 + 0,016 = 1,019 .$$

Le volume de la molécule en prenant pour unité celui de la molécule de l'or, ou ce que j'ai appelé le coefficient électro-chimique, devra donc être, d'après les principes que nous avons adoptés dans le Mémoire cité, le cube de ce nombre 1, 019, savoir 1, 058. Nous avons trouvé ci-dessus pour ce même volume de la molécule de l'oxide, d'après la densité de l'oxide même, et en supposant cette molécule telle qu'elle résulterait immédiatement de l'union d'un atome de mercure avec un atome d'oxigène sans division, 1,908 qui est presque le double de 1, 058. Cela indique que pour l'application de nos lois relatives aux volumes moléculaires, on doit admettre une division en 2 de la molécule produite immédiatement par la combinaison. Alors le volume de la molécule de l'oxide, déduit de sa densité, se reduira à $\frac{1,908}{2} = 0,954$, nombre peu différent de 1, 058, donné par le calcul d'après les nombres affinitaires, et les proportions de ses composants. Ces deux nombres sont entr'eux à-peu-près dans le rapport de 9 à 10, et la différence en peut provenir soit des petites irrégularités dans l'application de nos lois, dépendant de la cohésion et autres circonstances de la constitution de la molécule, desquelles nous avons fait abstraction, soit aussi en partie des inexactitudes des données sur lesquelles notre calcul est fondé, et en particulier des densités que nous avons attribuées au mercure solide, et à son oxide d'après les observations. On remarquera au reste que la différence devient beaucoup moindre entre les nombres affinitaires du

composé qui se déduisent des deux calculs; car si le volume atomique est 0,954, le nombre affinitaire sera la racine cubique de ce nombre, savoir 0,985, qui est au nombre 1,019 donné par le calcul de la composition dans le rapport d'environ 25 à 26.

On peut remarquer que le volume moléculaire de l'oxide 0,954, et son nombre affinitaire 0,985, déduits ainsi de sa densité sont considérablement moindres que les nombres correspondants 1,266 et 1,082 que nous avons trouvés pour le mercure métallique, comme cela doit être d'après l'addition, faite au mercure, de la substance éminemment électronégative, l'oxigène, qui selon nos principes doit diminuer de beaucoup son coefficient moléculaire.

D'après la division en 2 que nous avons été conduit à admettre dans la formation de l'oxide de mercure, sa molécule intégrante, ou atome solide sera formé de $\frac{1}{2}$ atome de mercure, tel que nous l'avons supposé à l'état isolé, et de $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène.

Nous pouvons faire maintenant un calcul analogue pour l'oxide de plomb $Pb+O$, où Pb représente aussi selon nous la molécule du plomb métallique à l'état solide. Le poids de l'atome résultant immédiatement de son union avec un atome d'oxigène est $12,94+1=13,94$. La densité observée de cet oxide est selon Boullay 9,50, selon Herapath 9,28, selon Karsten 9,21, moyenne 9,33. Or $\frac{13,94}{9,33}=1,494$, et $\frac{1,494}{0,645}=2,316$. Le nombre affinitaire du plomb étant selon notre 1.er Mémoire 1,207, et celui de l'oxigène 0,214, et la composition en poids de l'oxide 0,928 de plomb et 0,072 d'oxigène, on aura pour son nombre affinitaire, calculé d'après cette composition,

$$0,928.\ 1,207+0,214.\ 0,072=1,120+0,015=1,135\ ,$$

et pour son coefficient atomique, ou volume moléculaire, en prenant pour unité celui de l'or $(1,135)^3=1,462$. Ce nombre est contenu un peu plus qu'une fois et demi dans le nombre ci-dessus 2,316; le diviseur entier le plus prochain à appliquer à ce nombre 2,316 est donc encore 2. Ainsi on aura $\frac{2,316}{2}=1,158$ pour le volume moléculaire de l'oxide de plomb, d'après sa densité, au lieu de 1,462 déduit des nombres affinitaires de ses composants; ces deux nombres sont à-peu-

près dans le rapport de 4 à 5. La différence entre les deux résultats est ici assez considérable, mais non pas telle qu'on ne puisse encore la rejeter sur les erreurs des observations qui servent de base au calcul, et sur les irrégularités que la loi que nous avons adoptée admet dans son application. D'ailleurs l'écart devient encore ici beaucoup moindre relativement aux nombres affinitaires; en effet le nombre affinitaire déduit de la densité du composé est $\sqrt[3]{1,158} = 1,050$, nombre qui est à 1,135 donné par la composition dans le rapport d'environ 13 à 14.

L'oxide d'étain analogue aux deux précédents $Sn + O$ nous fournira encore un calcul semblable. Son atome, tel qu'il résulte de l'union d'un atome d'oxigène à l'atome de l'étain, que nous avons aussi considéré comme sa molécule intégrante à l'état métallique, est 8,35 ; la densité de cet oxide selon Herapath est 6,67; on aurait donc pour son volume moléculaire, s'il n'y avait pas de division, $\frac{8,35}{6,67} = 1,252$, et $\frac{1,252}{0,645} = 1,941$. Le nombre affinitaire de l'étain étant d'après sa densité, selon le 1.er Mémoire, 1,161, et la composition en poids de cet oxide étant de 0,880 d'étain, et 0,120 d'oxigène, on aura pour son nombre affinitaire calculé

$$1,161 . 0,88 + 0,214 . 0,12 = 1,022 + 0,026 = 1,048 ,$$

et pour son volume moléculaire $(1,048)^3 = 1,151$. Ce nombre entre dans 1,941 environ une fois et deux tiers; c'est donc le diviseur 2 qui est encore indiqué, c'est-à-dire que la molécule qui résulterait immédiatement de la combinaison doit être supposée se partager en deux; par là le volume atomique de l'oxide dont il s'agit sera $\frac{1,941}{2} = 0,970$. Ce nombre est à 1,151, nombre déduit de la composition dans le rapport d'environ 5 à 6, et le nombre affinitaire qui y répond $\sqrt[3]{0,970} = 0,990$ est à celui calculé 1,048 à-peu-près comme 15 à 16. On voit encore là une différence admissible, d'après la nature de notre loi, et les erreurs des observations.

Voilà donc trois oxides de composition atomique analogue, dans les quels nous sommes conduits par notre loi à admettre le même système

de division de l'atome composé immédiat, pour former la molécule intégrante, savoir la division en 2, en sorte que les atomes solides de ces oxides seraient tous formés d'un demi-atome de métal, et d'un demi-atome d'oxigène. On peut remarquer que cette division est aussi celle qui a lieu ordinairement dans les combinaisons gazeuses qui se font par volumes égaux, lorsqu'on considère les volumes comme les représentants des atomes à l'état gazeux; le volume du composé est égal à la somme des volumes des deux composants, c'est-à-dire double de celui de chacun des composans, au lieu que par l'union immédiate des deux volumes il ne devrait résulter qu'un seul volume pour représenter l'atome gazeux du composé; le gaz nitreux ou deutoxide d'azote nous en offre un exemple parmi les oxides. Mais il y a cette différence entre les gaz et les corps solides qu'au lieu que dans les gaz sous égale pression et température, d'après ce qu'on admet généralement, le volume atomique est le même pour tous les gaz, simples ou composés, ce volume varie selon nous pour les corps solides entre de certaines limites d'un corps à l'autre selon le rang que le corps occupe dans la série électro-chimique soit par lui-même s'il est simple, soit d'après les proportions de ses composants s'il est composé, ce qui complique notablement le rapport des volumes atomiques des corps composés à ceux des leurs composants.

Deux des métaux pour lesquels nous avons admis dans le 1.er Mémoire la molécule solide comme représentée par leur atome chimique, nous offriront deux oxides à considérer, de composition analogue entre eux, mais différente de celle des trois oxides précédents.

Le premier de ces oxides est l'oxide mercureux $2Hg + O$ de Berzelius; en considérant l'atome tel qu'il résulte immédiatement de cette formule, savoir comme formé de 2 at. de mercure et 1 d'oxigène, son poids est $25,32 + 1 = 26,32$. Sa densité est 10,69 selon Herapath, et 8,95 selon Karsten; moyenne 9,82. On a donc

$$\frac{26,32}{9,82} = 2,680, \quad \text{et par là} \quad \frac{2,680}{0,645} = 4,155$$

pour son volume atomique dans cette hypothèse, en prenant celui de l'or pour unité. Sa composition en poids étant de 0,962 de mercure et 0,038 d'oxigène on aura, d'après le nombre affinitaire du mercure 1,082, et celui de l'oxigène 0,214, pour son nombre affinitaire

$$0,962 . 1,082 + 0,214 . 0,038 = 1,041 + 0,008 = 1,049 ,$$

et le cube de ce nombre 1, 154 sera le volume atomique qu'il doit avoir d'après sa composition. Ce nombre entre plus de $3\frac{1}{2}$ fois dans 4, 155; la division la plus simple à admettre est donc en 4. On a alors $\frac{4,155}{4} = 1,039$, qui n'est inférieur que d'environ un dixième au nombre 1,154 donné par le calcul de la composition. Le nombre affinitaire qui en résulterait $\sqrt[3]{1,039} = 1,013$ est au nombre 1,049 à-peu-près comme 25 à 26. D'après cette division la molécule solide de l'oxide sera formée de $\frac{1}{2}$ atome de mercure, et $\frac{1}{4}$ d'atome d'oxigène, comme celui de l'oxide supérieur $Hg+O$ l'est de $\frac{1}{2}$ atome de mercure et $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène; les molécules de ces deux oxides se changeraient l'une dans l'autre en gagnant ou en perdant simplement $\frac{1}{4}$ atome d'oxigène, sans autre altération.

L'oxide d'argent $Ag+O$ de Berzelius a selon nous une composition atomique semblable à celle de l'oxide de mercure dont nous venons de parler; en effet nous avons admis dans le 1.er Mémoire, et par les raisons que nous y avons alléguées, que l'atome chimique de l'argent, représentant aussi sa molécule solide, devait être pris égal à la moitié seulement de l'atome de Berzelius, en sorte qu'en désignant par Ag notre atome de l'argent, la composition de l'oxide dont il s'agit devient $2Ag+O$; son atome reste d'ailleurs, quant au poids, le même que selon Berzelius $13,52+1=14,52$. La densité de cet oxide est selon Herapath 7,14; selon Boullay 7, 25; selon Karsten 8, 26; moyenne 7, 54; nous prendrons avec une seule décimale 7, 5. On aura donc, en ne supposant point de division, $\frac{14,52}{7,5} = 1,936$, et $\frac{1,936}{0,645} = 3$ juste. La composition en poids de cet oxide étant 0, 931 d'argent et 0, 069 d'oxigène, et le nombre affinitaire de l'argent étant 1, selon notre 1.er Mémoire, on aura

$$0,931+0,069.0,214=0,931+0,015=0,946$$

pour le nombre affinitaire calculé de l'oxide, et $(0,946)^3 = 0,847$ pour le volume atomique correspondant. Ce nombre entre plus de $3\frac{1}{2}$ fois dans 3. C'est donc encore une division en 4 qui est ici indiquée; en l'admettant on aura pour le volume atomique déduit de la densité de l'oxide $\frac{3}{4} = 0,75$ au lieu de 0, 847, et $\sqrt[3]{0,75} = 0,909$ au lieu de

0,946; les deux premiers résultats sont entr'eux à-peu-près comme 8 à 9, et les deux autres comme 23 à 24. Il y a donc encore accord approché avec nos lois, et la constitution de cet oxide peut être admise la même que celle de l'oxidule de mercure Hg^2+O, au quel nous l'avons assimilé pour la composition atomique.

Les deux mêmes métaux, plomb et étain, dont nous avons considéré ci-dessus les oxides à un seul atome d'oxigène, nous offrent deux autres oxides analogues entr'eux, auxquels nous pouvons appliquer un calcul semblable, savoir les oxides à deux atomes d'oxigène.

Pour l'oxide de plomb $Pb+O^2$, qui est le suroxide ou oxide brun, nous avons le poids atomique, tel qu'il résulte immédiatement de cette formule, 14,94. Le poids spécifique de cet oxide est estimé 9,19; on a donc $\frac{14,94}{9,19}=1,626$, et $\frac{1,626}{0,645}=2,521$ pour son volume atomique déduit de ces données. Sa composition en poids est 0,866 de plomb, et 0,134 oxigène; en retenant le nombre affinitaire ci-dessus du plomb 1,207, et celui de l'oxigène 0,214, on aura pour le nombre affinitaire de cet oxide, d'après sa composition,

$$1,207.0,866+0,214.0,134=1,045+0,029=1,074,$$

dont le cube 1,238 représentera le volume atomique. Ce nombre entre dans 2,521 presque précisément 2 fois. On devra donc admettre une division en 2 de l'atome que nous avons supposé, et par là le volume moléculaire déduit de la densité de l'oxide sera $\frac{2,521}{2}=1,260$, nombre peu différent de 1,238 donné par la composition. La racine cubique de ce nombre, nous donne le nombre affinitaire de l'oxide 1,080, presque identique avec 1,074 déduit de la composition. D'après cette division en 2 la molécule du suroxide du plomb sera formée de $\frac{1}{2}$ at. de plomb, et 1 atome d'oxigène, et cette molécule résultera ainsi de l'addition de $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène à celle de l'oxide $Pb+O$, qui est comme on a vu $\frac{1}{2}Pb+\frac{1}{2}O$, sans aucune division ultérieure de l'atome du plomb.

L'oxide d'étain $Sn+O^2$ a pour son poids d'atome immédiat 9,35; le poids spécifique de cet oxide, par une moyenne entre les indications de divers auteurs peut être admis 6,8. On aura donc $\frac{9,35}{6,8}=1,375$,

et $\frac{1,375}{0,645} = 2,131$ pour le volume atomique. La composition de cet oxide en poids est 0,786 d'étain et 0,214 oxigène; on aura par là, d'après nos évaluations précédentes des nombres affinitaires de l'étain et de l'oxigène, pour l'expression du nombre affinitaire de cet oxide, déduit de sa composition,

$$0,786.1,161 + 0,214.0,214 = 0,913 + 0,046 = 0,959 .$$

Le volume atomique correspondant est donc $(0,959)^3 = 0,882$. Ce nombre entre un peu plus de 2 fois dans 2,131; en adoptant d'après cela la division en 2, comme la plus prochainement indiquée, le volume atomique déduit de la densité de l'oxide sera $\frac{2,131}{2} = 1,065$, nombre qui est seulement d'environ deux onzièmes plus grand que 0,882; et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,065} = 1,021$, qui ne diffère que d'un 17.e en plus de 0,959 déduit de la composition. On voit donc que ces deux oxides du plomb et de l'étain, de composition atomique analogue, admettent aussi la même constitution de molécule solide dans l'application de notre loi.

Passons maintenant aux oxides des métaux dont nous avons supposé la molécule solide à l'état métallique double de l'atome qu'on lui attribue d'après M. Berzelius, et qu'on peut continuer à considérer comme leur atome chimique.

Le cuivre est dans ce cas, et nous pouvons d'abord examiner son oxide $Cu + O$ des chimistes, formule d'après laquelle s'il n'y avait point de réunion, ni de division, son atome serait formé d'un atome d'oxigène, et d'un atome, ou d'une demi-molécule solide de cuivre, telle qu'elle est à l'état isolé. L'atome chimique du cuivre ou notre demi-molécule étant 3,96, le poids de l'atome de l'oxide ainsi formé est 4,96. La densité observée de l'oxide de cuivre est 6,43 selon Karsten, 6,13 selon Boullay, 6,40 selon Herapath, moyenne 6,32; nous la supposons donc approximativement 6,3. On a d'après cela

$$\frac{4,96}{6,3} = 0,787 , \quad \text{et} \quad \frac{0,787}{0,645} = 1,220 .$$

Le nombre affinitaire que nous avons trouvé au cuivre dans le 1.er Mémoire est 1,118, et nous continuerons à admettre 0,214 pour celui de

l'oxigène. La composition en poids de notre oxide étant de 0, 798 de cuivre, et 0, 202 d'oxigène, nous aurons

$$0,798 . 1,118 + 0,202 . 0,214 = 0,892 + 0,043 = 0,935$$

pour le nombre affinitaire de l'oxide d'après sa composition. Le cube de ce nombre, ou le volume atomique correspondant est 0, 817. Ce nombre entre dans 1, 220 environ une fois et demie ; on pourrait donc rester douteux entre les suppositions de division en 2, ou de maintien de l'atome tel que nous l'avons d'abord admis, pour former la molécule solide. Cependant la division en 2 est toujours celle qui est indiquée de plus près. En l'admettant nous aurons pour le volume de la molécule déduit de la densité de l'oxide $\frac{1,220}{2} = 0,610$, au lieu de 0,817 calculé par la composition; les deux nombres sont ici considérablement différents, savoir dans le rapport d'environ 3 à 4; si donc on admet le système indiqué, il faut qu'il y ait ici quelque cause spéciale d'écart, et le nombre affinitaire du cuivre 1,118 est peut être un peu trop fort, d'après la place que le cuivre occupe dans la série électro-chimique, comparativement aux autres métaux. Au reste l'écart devient toujours beaucoup moindre relativement aux nombres affinitaires ; car la racine cubique de 0,610 est 0,848, qui est à 0,935 à-peu-près comme 8 à 9. Cette supposition de la division en 2 rend la constitution de l'oxide $Cu + O$ analogue à celle des métaux à un seul atome d'oxigène que nous avons considérés plus haut, relativement à l'atome chimique, sa molécule restant formée comme celle de ces métaux de $\frac{1}{2}$ at. de métal, et de $\frac{1}{2}$ at. d'oxigène, en sorte que la réunion de 2 atomes chimiques que nous avons admise pour former la molécule solide de ce métal à l'état libre, n'aurait aucune influence sur la constitution de la molécule solide de l'oxide (1).

---

(1) L'écart considérable que nous présentent ici le volume moléculaire, et le nombre affinitaire de cet oxide déduits de sa densité, comparativement à ceux déduits de sa composition, dans l'hypothèse de la division de l'atome en 2, pourrait disparaître, si on attribuait au cuivre un nombre affinitaire moindre que celui que nous a donné la densité du cuivre métallique dans la supposition que sa molécule solide fût double de son atome chimique. Mais on ne pourrait réduire la molécule du cuivre à son atome chimique simple sans être conduit à un volume moléculaire, et à un nombre affinitaire trop petits, et par là à un pouvoir trop négatif pour ce métal; il faudrait donc s'en tenir à une hypothèse intermédiaire entre l'atome chimique, et son redoublement, et la manière la plus simple de concevoir

L'oxide de zinc $Zn+O$ des chimistes est dans le même cas que l'oxide de cuivre $Cu+O$, puisque le zinc est aussi un des métaux pour lesquels nous avons admis redoublement de l'atome chimique pour former l'atome solide métallique. Le poids de l'atome de l'oxide de zinc, tel qu'on le déduit immédiatement de cette formule est $4{,}03+1=5{,}03$. Sa densité est 5,43 selon Mohs; 5,60 selon Boullay; 5,73 selon Karsten; moyenne 5,59. On a donc

$$\frac{5{,}03}{5{,}59}=0{,}900\,, \quad \text{et} \quad \frac{0{,}900}{0{,}645}=1{,}395\,.$$

Le nombre affinitaire du zinc étant 1,213, et la composition de l'oxide en poids étant de 0,801 de zinc, et 0,199 d'oxigène, on a pour son nombre affinitaire calculé

$$0{,}801\,.\,1{,}213+0{,}214\,.\,0{,}199=0{,}972+0{,}043=1{,}015\,,$$

et par là pour le volume atomique $(1{,}015)^3=1{,}045$. Ce nombre n'entre

---

cette constitution intermédiaire serait d'admettre que la molécule solide du cuivre métallique est $\frac{3}{2}$ de son atome chimique, c'est-à-dire que pour la former 3 at. chimiques se réunissent d'abord en un seul, et puis celui-ci se divise en 2. Nous avons vu dans le premier Mémoire que dans la supposition où la molécule du cuivre fût son atome chimique même, le volume moléculaire déduit de sa densité aurait été 0,698 en prenant pour unité celui de l'or; dans la nouvelle supposition, dont nous venons de parler, ce volume deviendrait donc $\frac{3}{2}\,.\,0{,}698=1{,}047$, et la racine cubique de ce nombre, 1,015, exprimerait son nombre affinitaire. Ces nombres paraissent un peu trop petits, comme rapprochant trop le cuivre du pouvoir électro-négatif de l'or, et de l'argent; mais cela pourrait être rejetté sur les petites anomalies dont nos lois sont susceptibles. Or en calculant maintenant le nombre affinitaire de l'oxide de cuivre par ce nombre 1,015 attribué au cuivre, on aurait

$$0{,}798\,.\,1{,}015+0{,}043=0{,}810+0{,}043=0{,}853\,,$$

et le cube de ce nombre 0,621 serait le volume moléculaire calculé de l'oxide. Ce nombre 0,621 entre maintenant à-peu-près 2 fois dans 1,220; on aura donc le volume moléculaire déduit de la densité de l'oxide $\frac{1{,}220}{2}=0{,}610$ fort peu différent de celui calculé 0,621, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}610}=0{,}848$, fort rapproché de 0,853. Dans ce cas on voit que la triplication de l'atome que nous aurions supposé dans la molécule solide de cuivre métallique, avant la division en 2, ne se maintiendrait pas dans l'oxide. Au reste, comme cette triplication de l'atome dans le cuivre (que j'avais déjà proposé dans un Mémoire *Sur la densité du corps* lu à l'Académie en 1824) pourrait paraître trop hypothétique, je n'en ferai pas usage dans ce Mémoire, et je ne l'ai rapportée que comme un moyen possible de faire disparaître à la fois l'anomalie d'un nombre affinitaire un peu trop fort pour le cuivre, et l'écart entre le volume moléculaire déduit de la densité de l'oxide de cuivre, et celui calculé par sa composition.

pas même une fois et demie dans 1,395; cependant l'analogie avec l'oxide précédent porte à penser qu'un même système de constitution de molécule doit leur appartenir. Si d'après cela nous admettons la division en 2, on aura $\frac{1,395}{2} = 0,698$ au lieu de 1,045; ces nombres sont entre eux à-peu-près comme 2 à 3; c'est le plus grand écart que nous ayons encore trouvé entre les deux calculs, par la densité du composé, et par la composition. Le rapport des deux nombres affinitaires correspondants serait de $\sqrt[3]{0,698}$ ou 0,890 à 1,015, ou à-peu-près celui de 7 à 8. Il faut qu'il y ait ici une cause d'anomalie analogue à celle qui a lieu pour l'oxide de cuivre, quoique nous n'ayons pas de raison particulière de croire excessif le nombre affinitaire du zinc que nous avons déduit de la densité du métal (1).

Le manganèse, qui est aussi un des métaux pour lesquels nous avons admis le redoublement d'atome pour former la molécule solide, se trouve au contraire satisfaire de très-près au système de la division en 2, dans son oxide analogue aux deux précédents.

Le poids de l'atome de cet oxide $Mn+O$ (formule dans laquelle Mn est

---

(1) On pourrait faire sur le zinc métallique une hypothèse analogue à celle que nous avons proposée dans la note précédente pour le cuivre; on aurait alors plus d'accord entre le métal et l'oxide, comme on pourrait le voir par un calcul semblable à celui que nous avons fait sur le cuivre; mais je m'en tiendrai encore ici à l'hypothèse plus simple suivie dans le premier Mémoire. Au reste, les résultats numériques obtenus devraient subir un léger changement, si l'on adoptait les dernières déterminations qu'on a données de l'atome chimique du zinc. J'ai déjà fait mention dans mon premier Mémoire de celle que M. JACQUELAIN avait cru pouvoir substituer d'après ses expériences 4,14, à celle de BERZELIUS 4,03; M. FAVRE a trouvé ensuite 4,12. Pour écarter ces incertitudes M. ERDMANN a entrepris une série d'expériences très-soignées, dont la moyenne a donné pour l'atome du zinc, avec deux décimales 4,07, et cette évaluation a été adoptée par M. BERZELIUS (Annales de Poggendorff, 1844, n.° 8). Si on voulait la prendre pour base de nos calculs sur le volume moléculaire du zinc métallique, on aurait

$$\frac{2.4,07}{7} = \frac{8,14}{7} = 1,163, \quad \text{et} \quad \frac{1,163}{0,645} = 1,803$$

au lieu de 1,785 que nous avons trouvé dans le premier Mémoire, et $\sqrt[3]{1,803} = 1,217$ au lieu de 1,213 pour le nombre affinitaire. Ce petit changement ne pourrait porter aucune atteinte au système de division à adopter dans la formation de la molécule de l'oxide de zinc, ou des autres composés de ce métal, et n'occasionnerait qu'une modification encore moindre aux résultats numériques y relatifs; je crois en conséquence pouvoir retenir dans ce Mémoire l'ancienne détermination de BERZELIUS.

l'atome du manganèse qui selon nous se doublerait dans l'état métallique isolé) est, d'après cette formule, 4,459; sa densité est selon Herapath 4,73. Or

$$\frac{4,459}{4,73}=0,943\ , \quad \text{et} \quad \frac{0,943}{0,645}=1,462\ .$$

D'un autre côté la composition de cet oxide en poids est 0,776 de manganèse et 0,224 d'oxigène, et nous avons vu dans le 1.er Mémoire que le nombre affinitaire du manganèse, d'après sa densité 8,01 à l'état métallique, et dans l'hypothèse indiquée sur sa molécule solide est 1,068, ou en nous bornant à deux décimales 1,07. On aura d'après cela pour le nombre affinitaire de l'oxide

$$0,776.1,07+0,224.0,214=0,830+0,048=0,878\ .$$

Le cube de ce nombre 0,677 exprimera son volume moléculaire calculé par sa composition; or ce nombre étant à très-peu-près la moitié de 1,462, on devra supposer une division en 2, et on aura pour le volume moléculaire déduit de la densité de l'oxide $\frac{1,462}{2}=0,731$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,731}=0,901$, nombres peu différents de ceux donnés par le calcul de la composition.

Parmi les métaux dans lesquels nous avons admis redoublement de l'atome chimique pour former la molécule solide à l'état métallique, le cuivre nous offre un degré inférieur d'oxidation, dont nous pouvons chercher à déterminer le système de division par nos principes. En partant de la formule de cet oxide $2Cu+O$ le poids de son atome est $7,92+1=8,92$. Le poids spécifique de cet oxide est 5,75 selon Karsten, et selon Boyer et Dumas, 6,05 selon Herapath, moyenne 5, 85. On a donc

$$\frac{8,92}{5,85}=1,551\ , \quad \text{et} \quad \frac{1,551}{0,645}=2,404\ .$$

La composition en poids de cet oxide étant 0,888 de cuivre et 0,112 d'oxigène, on aura pour son nombre affinitaire, d'après nos données précédentes,

$$1,118.0,888+0,214.0,112=0,993+0,024=1,017\ ,$$

et pour le volume atomique $(1,017)^3=1,053$. C'est un peu moins que

la moitié de 2,404. En admettant d'après cela la division de l'atome d'abord supposé, en 2, on aura $\frac{2,404}{2} = 1,202$, au lieu de 1,053, et $\sqrt[3]{1,202} = 1,063$ au lieu de 1,017. Les deux premiers nombres sont entr'eux à-peu-près comme 8 à 7, et les deux autres comme 23 à 22, accord assez rapproché par justifier le système de division que nous avons admis. L'atome solide de cet oxide serait donc formé de 1 at. chimique de métal et de $\frac{1}{2}$ at. d'oxigène. Nous avons vu que les oxides analogues des métaux dans lesquels nous n'avons point admis de redoublement de l'atome chimique pour former la molécule solide à l'état métallique, comme celui de mercure $2Hg+O$, présentent une division en 4, ensorte que l'atome ou molécule de l'oxide y est formée de $\frac{1}{2}$ at. de métal, et $\frac{1}{4}$ d'atome d'oxigène. L'influence du redoublement de l'atome dans le cuivre métallique se montrerait donc encore dans cet oxide de cuivre inférieur; il y aurait de même redoublement de la molécule qui aurait été analogue à celle des oxides correspondants des autres métaux dont nous venons de parler; la division en 2 y aurait lieu par rapport à l'atome solide $2Cu$, comme elle a lieu pour ces autres métaux par rapport à chacun des atomes simples qui entrent dans l'oxide.

Au reste il serait à désirer qu'on pût vérifier cette circonstance dans le système de division d'autres oxides métalliques de même composition relativement à des métaux qui seraient dans le cas dont nous venons de parler (1).

---

(1) Je ferai remarquer ici que si, conformément à l'hypothèse sur la molécule de cuivre métallique dont nous avons parlé en note, à propos de l'oxide de cuivre $Cu+O$, on admettait 1,015 au lieu de 1,118 pour le nombre affinitaire du cuivre, celui de l'oxidule $2Cu+O$ deviendrait

$$0,888 . 1,015 + 0,024 = 0,901 + 0,024 = 0,925 .$$

Le cube de ce nombre est 0,792, qui entre un peu plus de 3 fois dans 2,404. On serait donc conduit à admettre une division intermédiaire entre celle en 2 et celle en 4, laquelle s'obtiendrait, en supposant d'abord la réunion de 3 doubles atomes de cuivre $2Cu$, et puis division de la molécule résultante en 8; on aurait ainsi pour le volume moléculaire de l'oxide $\frac{3}{8} . 2,404 = 0,901$, nombre qui ne différerait que d'un huitième de 0,792, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,901} = 0,966$, peu différent du nombre calculé 0,925. La triplication supposée dans le

Quelques-uns des métaux dont la molécule à l'état isolé est formée, selon nous, de deux atomes nous offrent des oxides très-connus, dont la composition chimique est de 2 at. de métal (équivalents à une seule molécule solide), et 3 at. d'oxigène. Tels sont les oxides de fer, et de cobalt Fe^2+O^3 et Co^2+O^3. Voyons quelle est la constitution de leur molécule à admettre pour rendre raison, d'après nos principes, de la densité qu'ils nous présentent.

Le poids de l'atome de l'oxide de fer Fe^2+O^3 tel qu'il résulte de cette formule immédiatement, d'après celui que nous avons supposé au fer dans le premier Mémoire, est $6,78+3=9,78$. La densité de cet oxide selon Boullay est 5,23, et selon Mohs 5,25; nous prendrons la moyenne 5,24 qui diffère peu aussi de la densité que les Minéralogistes attribuent au fer oligiste. Nous aurons donc

$$\frac{9,78}{5,24}=1,866, \quad \text{et} \quad \frac{1,866}{0,645}=2,893 .$$

La composition en poids de cet oxide est de 0,693 de fer et 0,307 d'oxigène; en y introduisant les nombres affinitaires que nous avons attribués au fer et à l'oxigène dans le 1.er Mémoire, le nombre affinitaire en sera

$$1,114.0,693+0,214.0,307=0,772+0,066=0,838,$$

et le volume atomique $(0,838)^3=0,588$. Ce nombre entre dans 2,893 un peu plus de 4 fois et demie; c'est donc la division en 4 qui est indiquée; en l'adoptant on aura $\frac{2,893}{4}=0,723$; ce nombre est à 0,588, à-peu-près comme 6 à 5, et sa racine cubique 0,898, qui doit représenter le nombre affinitaire de l'oxide d'après sa densité, est à 0,838 donné par le calcul de la composition, comme 15 à 14. On a donc accord approché, et on peut admettre le système de division indiqué, d'après lequel la molécule de l'oxide serait formée de $\frac{1}{2}$ atome de fer et $\frac{3}{4}$ d'atome d'oxigène, où il faut remarquer que le demi-atome de fer

---

cuivre métallique, selon ce système, se maintiendrait dans l'oxidule, tandis qu'elle cesserait d'avoir lieu dans l'oxide $Cu+O$ dans la même hypothèse, selon ce que nous avons vu dans la note qui s'y rapporte. La molécule de l'oxidule serait formée de $\frac{6}{8}$ ou $\frac{3}{4}$ d'atome chimique de cuivre, et $\frac{3}{8}$ d'atome d'oxigène.

ne serait que le quart de la molécule solide que nous lui avons attribuée à l'état métallique.

Dans ce calcul nous sommes partis du nombre affinitaire du fer 1,114 tel que nous l'avons déduit dans le premier Mémoire de la densité du fer métallique, d'après le poids atomique 3,39 que BERZELIUS attribuait au fer, et en admettant un redoublement de cet atome pour former la molécule; mais nous avions déjà remarqué que ce nombre affinitaire, et le volume moléculaire qui y répondait paraissait trop fort pour le fer, d'après la place que ce métal occupe dans la série électrochimique, puisque ce nombre aurait été un peu moindre que celui que nous avions trouvé pour le cuivre. Nous avions pensé que cette anomalie pouvait s'expliquer en partie par la circonstance, que le fer à la température ordinaire est beaucoup plus éloigné de son point de fusion que différents autres métaux, et devait avoir par là une densité plus considérable qu'il ne l'aurait dans un état comparable à celui de ces autres métaux. Mais il se présente maintenant une autre considération par laquelle on peut faire disparaître cette anomalie; c'est celle d'une correction à appliquer au poids atomique du fer. En effet BERZELIUS, d'après quelques doutes que les expériences de STROMEYER et de WACKENRODER avaient élevés sur l'exactitude de sa détermination du poids atomique du fer, a cru devoir engager MM. SVANBERG et NORLIN a faire de nouvelles expériences sur la composition en poids de l'oxide de fer, sur laquelle cette détermination était fondée. Il en est résulté, ainsi que de quelques autres expériences faites par BERZELIUS même, que le poids atomique du fer devait être porté à 3,50, en négligeant les chiffres ultérieurs, au lieu de 3,39 ou même 3,21 seulement, à quoi M. CAPITAINE avait cru pouvoir le réduire (Annales de Poggendorff, 1844, n.° 6).

D'après cela, en admettant toujours le redoublement de l'atome pour former la molécule du fer métallique, cette molécule devient 7, et le volume moléculaire $\frac{7}{7,6} = 0,921$, ou en prenant pour unité le volume moléculaire de l'or $\frac{0,921}{0,645} = 1,428$; et la racine cubique de ce nombre 1,126 exprimera le nombre affinitaire du fer déduit de sa densité à l'état métallique. Par là ce volume et ce nombre deviennent plus forts que nous ne les avions trouvés pour le cuivre, comme cela convient à un métal plus positif, et le fer se rapproche à cet égard de

l'étain. Pour appliquer maintenant ces nouvelles estimations au calcul relatif à l'oxide de fer, dont il s'agit ici, nous observerons que d'après le poids atomique du fer 3,50, celui de l'oxide, tel qu'il est représenté par la formule $Fe^2 + O^3$, devient $7 + 3 = 10$, et l'on aura pour le volume moléculaire de cet oxide, abstraction faite de toute division, d'après sa densité,

$$\frac{10}{5,24} = 1,908 , \quad \text{et} \quad \frac{1,908}{0,645} = 2,958 .$$

D'un autre côté la composition de l'oxide en poids devient 0,7 de fer et 0,3 d'oxigène, et l'on a pour son nombre affinitaire calculé, en supposant 1,126 pour celui du fer,

$$0,7 . 1,126 + 0,3 . 0,214 = 0,788 + 0,064 = 0,852 ,$$

et pour son volume moléculaire correspondant $(0,852)^3 = 0,618$. Ce nombre entre dans 2,958 environ 4,8 fois; c'est donc encore la division en 4 qui est indiquée, et en l'adoptant on aura, d'après la densité de l'oxide $\frac{2,958}{4} = 0,739$ pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{0,739} = 0,904$ pour le nombre affinitaire de l'oxide, nombres qui offrent, relativement à ceux déduits de sa composition en partant de ceux du fer métallique, le même degré de proximité que ceux que nous avions trouvés par l'ancienne évaluation du poids atomique du fer. La constitution de la molécule de l'oxide de fer reste donc la même que nous avons indiquée.

Pour l'oxide de cobalt $2\,Co + 3\,O$, le poids de l'atome indépendamment de toute division est $7,38 + 3 = 10,38$. Sa densité est 5,60 selon Boullay, et 5,32 selon Herapath; moyenne 5,46; on aura donc

$$\frac{10,38}{5,46} = 1,901 , \quad \text{et} \quad \frac{1,901}{0,645} = 2,949 .$$

La composition en poids est de 0,711 de cobalt, et 0,289 d'oxigène; le nombre affinitaire du cobalt admis dans le premier Mémoire étant 1,104 on aura pour celui de l'oxide

$$1,104 . 0,711 + 0,214 . 0,289 = 0,785 + 0,062 = 0,847 ;$$

son cube, ou le volume atomique correspondant est 0,607. Ce nombre entre dans 2,949 un peu plus aussi de 4 fois et demie; c'est donc encore

la division en 4 qui est indiquée; on aura alors $\frac{2,949}{4}=0,737$ au lieu de 0,607, et $\sqrt[3]{0,737}$ ou 0,903 au lieu de 0,847; c'est encore le même degré d'accord entre les deux calculs que pour l'oxide de fer son analogue; ainsi ces deux oxides de composition atomique semblable, présentent aussi la même constitution de l'atome composé.

Je me borne pour le moment, parmi les oxides des métaux ordinaires, à ceux dont je viens de parler, comme étant de densité assez bien connue, et se rapportant à des métaux dont j'avais cru dans le premier Mémoire pouvoir fixer le volume atomique, et par là le nombre affinitaire d'une manière assez sûre; et on voit qu'en général, et abstraction faite des oxides du cuivre et du zinc à une seule molécule d'oxigène, dont la constitution de l'atome nous a offert quelque incertitude, tous les oxides de composition analogue nous offrent aussi un système de division semblable dans leur molécule composée.

Nous pouvons passer maintenant à faire la même application de nos principes a quelques autres corps, non métalliques, pris à divers degrès d'oxigénation.

Parmi ces corps l'oxide d'hydrogène où l'eau se présente naturellement le premier; nous ne connaissons ni l'un ni l'autre de ses deux composants à l'état solide, ou liquide, et nous n'avons pu en conséquence déterminer directement leur volume atomique; mais nous avons calculé pour ces corps le nombre affinitaire, et le volume atomique ou coefficient moléculaire par la combinaison de nos principes relatifs à ce volume avec les valeurs des pouvoirs neutralisants de ces mêmes corps que j'avais déterminé dans mon Mémoire cité plus haut sur ce sujet, publié en 1835.

L'atome de l'eau, tel qu'il résulte immédiatement de la réunion d'un atome d'oxigène et 2 atomes simples d'hydrogène est, comme on sait, 1,25. La densité de l'eau doit être prise ici dans l'eau à l'état de glace, pour qu'elle soit comparable à celle des corps solides, auxquels nous avons rapporté nos évaluations précédentes des volumes atomiques; la densité de la glace étant environ 0,9 en prenant celle de l'eau pour unité, nous aurons

$$\frac{1,125}{0,9}=1,250, \quad \text{et} \quad \frac{1,250}{0,645}=1,938 .$$

L'eau est composée en poids de 0,111 d'hydrogène et 0,889 d'oxigène;

le nombre affinitaire de l'hydrogène selon notre premier Mémoire étant 3,409, et celui de l'oxigène tel que nous l'avons employé jusqu'ici 0,214, on aura pour le nombre affinitaire calculé de l'eau

$$3{,}409 . 0{,}111 + 0{,}214 . 0{,}889 = 0{,}3784 + 0{,}1902 = 0{,}569 ,$$

et pour son volume atomique correspondant $(0{,}569)^3 = 0{,}184$. Ce nombre entre dans 1,938 un peu plus de 10 fois ; cela indique que pour rapprocher les deux résultats il faut supposer la division de l'atome en 8 parties, ce qui donne le volume atomique déduit de la densité de la glace $\frac{1{,}938}{8} = 0{,}242$, un peu plus grand de 0,184 ; le rapport des deux nombres est de 4 à 3, et celui des valeurs du nombre affinitaire selon les deux calculs, $\sqrt[3]{0{,}242} = 0{,}624$ à 0,569, ou environ 11 à 10 (1).

On peut remarquer que la même division de l'atome $H^2 + O$ en huit aurait été donné par la considération de l'eau à l'état liquide ; seulement les rapports du nombre affinitaire, et du volume atomique déduits de la densité aux nombres correspondants calculés par la composition auraient été un peu différents. En effet la densité étant alors $= 1$, on aurait eu immédiatement

$$\frac{1{,}125}{0{,}645} = 1{,}744 , \quad \text{et} \quad \frac{1{,}744}{8} = 0{,}218 ,$$

dont la racine cubique est 0,602, nombres encore plus rapprochés de 0,184 et 0,569 respectivement donnés par le calcul de la composition, que ceux déduits de la considération de l'eau à l'état solide.

Il est donc bien décidé que la molécule de l'eau solide ou liquide doit être réduite pour l'application de nos principes à la huitième partie de l'atome résultant immédiatement de la combinaison, c'est-à-dire que

(1) L'accord entre les nombres calculés par la composition, et ceux déduits de la densité de l'eau à l'état de glace, n'est pas aussi satisfaisant qu'on pourrait le désirer ; mais il faut remarquer que le nombre affinitaire de l'oxigène, pour lequel nous n'avons encore qu'une détermination approchée, a ici beaucoup d'influence ; et nous trouverons en effet dans la suite par la considération réunie des différens composés, pour l'oxigène, un nombre affinitaire notablement plus considérable que le nombre 0,214 que nous n'employons ici que pour fixer le système de division le plus probable, ce qui tendra à rapprocher les résultats des deux calculs, et confirmera par là le système de division que nous adoptons ici.

cette molécule doit être formée de $\frac{1}{4}$ d'atome d'hydrogène et $\frac{1}{8}$ d'atome d'oxigène. L'atome de l'eau à l'état de vapeur, représenté par la densité de cette vapeur, est, comme on sait, la moitié de $H^2 + O$; les molécules de l'eau liquide doivent donc se réunir 4 à 4 en passant à l'état gazeux, ou ce qui revient au même la molécule de la vapeur d'eau doit se diviser en 4, lorsque la vapeur se condense en liquide. Quoique je me sois proposé de ne faire aucun usage dans le présent Mémoire des considérations relatives à la chaleur spécifique, je me permettrai de rappeler que cette division de la molécule gazeuse de la vapeur, pour former celle de l'eau, est aussi indiquée par la comparaison de la chaleur spécifique de l'eau avec celle de la vapeur, selon ce que j'ai établi dans mes Mémoires précédents sur ce sujet.

D'après le nombre affinitaire de l'eau calculé par ceux de ses composants, et confirmé par son volume atomique déduit de sa densité, comme on vient de voir, l'eau quoique neutre aux réactifs aurait un pouvoir neutralisant négatif considérable, puisque ce nombre est notablement moindre que celui que nous avons considéré comme répondant au point de la neutralité, savoir 0,866; c'est ce que j'avais aussi conclu directement des pouvoirs neutralisants de ses composans dans mon Mémoire sur ces pouvoirs.

A la suite de l'eau nous pouvons considérer le péroxide d'hydrogène, où l'hydrogène est combiné avec le double d'oxigène que dans l'eau. En considérant son atome comme formé d'un atome entier d'hydrogène, et un d'oxigène, le poids de cet atome est 1,0625. La densité de ce composé n'est pas connue à l'état solide; nous ne pouvons donc faire usage que de celle qu'on lui a trouvé à l'état liquide, savoir 1,453; celle qu'il aurait à l'état solide pourrait être un peu moindre, ou un peu plus grande, mais non pas probablement au point d'altérer le système de division que nous en serons conduits à admettre d'après nos principes. Nous aurons donc

$$\frac{1,0625}{1,453} = 0,731 , \quad \text{et} \quad \frac{0,731}{0,645} = 1,133 .$$

La composition en poids de cet oxide étant 0,059 hydrogène et 0,941 oxigène, on aura, d'après nos données précédentes, pour son nombre affinitaire calculé,

$$0,059 . 3,409 + 0,941 . 0,214 = 0,201 + 0,201 = 0,402 .$$

Le cube de ce nombre, 0,0651, exprimera son volume atomique. Ce dernier nombre entre environ 17 fois et demie dans 1,133; la puissance de 2 la plus prochaine indiquée pour servir de diviseur est 16. En admettant cette division en 16 le volume atomique déduit de la densité du composé devient $\frac{1,133}{16} = 0,0708$ au lieu de 0,0651, et le nombre affinitaire correspondant $\sqrt[3]{0,0708} = 0,413$ au lieu de 0,402. L'accord est comme on voit assez satisfaisant. Ainsi la molécule du péroxide d'hydrogène sera formée de $\frac{1}{16}$ d'atome d'hydrogène et $\frac{1}{16}$ d'atome d'oxigène. Nous avons vu que la molécule de l'eau est formée de $\frac{1}{4}$ d'atome d'hydrogène et $\frac{1}{8}$ d'atome d'oxigène; pour concevoir le passage d'une molécule d'eau à l'état de péroxide d'hydrogène il faudra d'après cela y ajouter $\frac{1}{8}$ d'atome d'oxigène, et diviser l'atome résultant en 4; ou, ce qui revient au même, en ôter $\frac{1}{8}$ d'atome d'hydrogène, et diviser la molécule par 2.

Examinons sous le même point de vue l'acide sulfureux. Son atome en le supposant formé de 1 atome de soufre, tel qu'il est admis par les chimistes (quelque soit son atome solide à l'état d'isolement), et de 2 atomes d'oxigène, est à-très-peu-près $2+2=4$. Sa densité à l'état liquide a été trouvée par Bussy 1,45 à la température d'environ $-20°$, et nous pouvons admettre cette densité comme prochainement égale à celle qu'il aurait à l'état solide, faute de connaître celle-ci directement. On aura donc $\frac{4}{1,45} = 2,76$, en nous bornant à deux décimales, et $\frac{2,76}{0,645} = 4,28$. La composition en poids de cet acide étant à-très-peu-près 0,5 de soufre et 0,5 oxigène, si nous admettons pour le soufre le nombre affinitaire 0,919, tel que nous l'avons déduit dans notre premier Mémoire de la densité du soufre, nous aurons, en retenant 0,214 pour celui de l'oxigène,

$$0,919.0,5+0,214.0,5=0,459+0,107=0,566$$

pour le nombre affinitaire de l'acide, et $(0,566)^3=0,181$ pour son volume atomique. Ce nombre entre environ 23 $\frac{1}{2}$ fois dans 4,28; la puissance de 2 la plus voisine de 23 $\frac{1}{2}$ est 16; la division en 16 serait donc indiquée. Elle ne le serait à la vérité que d'une manière un peu éloignée; mais si au

lieu du nombre affinitaire 0,919 que nous avons déduit pour le soufre, de sa densité, on employait le nombre 1,009 qui résultait de la combinaison de nos considérations sur les volumes atomiques avec le pouvoir neutralisant du soufre, on aurait pour le nombre affinitaire calculé de l'acide sulfureux

$$0{,}5 \,.\, 1{,}009 + 0{,}107 = 0{,}504 + 0{,}107 = 0{,}611 \ ,$$

dont le cube est 0,228, nombre qui n'entre plus dans 4,28 qu'un peu moins de 19 fois; ainsi il ne paraît pas douteux que c'est la division en 16 qu'il faut adopter. On a alors $\frac{4{,}28}{16} = 0{,}267$ au lieu de 0,181 ou de 0,228 pour le volume atomique, et $\sqrt[3]{0{,}267} = 0{,}644$ au lieu de 0,566 ou de 0,611 pour le nombre affinitaire (1). La molécule de l'acide sulfureux liquide serait formée en conséquence de $\frac{1}{16}$ d'atome de soufre, et $\frac{1}{8}$ d'atome d'oxigène. La molécule gazeuse de cet acide est composée, d'après la densité de son gaz, de $\frac{1}{2}$ atome de soufre et 1 at. d'oxigène; il faudrait donc 8 molécules liquides pour en former une à l'état de gaz.

Pour appliquer un calcul semblable à l'acide sulfurique anhydre, on observera que d'après sa composition, telle qu'elle résulte immédiatement de l'union de 1 atome chimique de soufre, et 3 at. d'oxigène, le poids de son atome est à-très-peu-près $2 + 3 = 5$. Sa densité à l'état solide, dans le quel il se trouve aux températures plus ordinaires, est 1,97 ou à-peu-près 2. On peut donc prendre pour son volume atomique $\frac{5}{2} = 2{,}5$, qui divisé par 0,645 donne 3,876. La composition en poids de cet acide étant à-très-peu-près de 0,4 de soufre et 0,6 d'oxigène, si on prend pour le soufre le nombre affinitaire 0,919 on aura pour celui de l'acide

$$0{,}919 \,.\, 0{,}4 + 0{,}214 \,.\, 0{,}6 = 0{,}368 + 0{,}128 = 0{,}496 \ ,$$

et pour le volume atomique $(0{,}496)^3 = 0{,}122$. Ce nombre entrerait dans 3,876 près de 32 fois, ce qui paraîtrait exiger une division en 32;

---

(1) Encore ici, comme pour l'eau, la valeur plus considérable à laquelle nous serons conduits dans la suite de ce Mémoire pour le nombre affinitaire de l'oxigène tendra à rapprocher les résultats relatifs à ce système de division. Nous verrons en outre la probabilité qu'il y aura à porter le nombre affinitaire du soufre encore un peu plus haut que 1,009, ce qui contribuera à augmenter l'accord dont il s'agit ici.

mais je remarquerai que si on prenait pour le nombre affinitaire du soufre 1,009, comme nous l'avons déduit du pouvoir neutralisant de cette substance, celui de l'acide deviendrait

$$1{,}009 . 0{,}4 + 0{,}128 = 0{,}404 + 0{,}128 = 0{,}532 ,$$

dont le cube 0,151 n'entrerait plus que 25 fois dans 3,876, ce qui indiquerait un diviseur intermédiaire entre 16 et 32. D'un autre côté l'oxigène dont nous n'avons déterminé le nombre affinitaire qu'indirectement dans notre 1.er Mémoire, entre ici en quantité considérable en poids, en sorte que pour peu que son nombre surpassât celui que nous lui avons attribué, on aurait pour l'acide un nombre affinitaire calculé notablement plus grand (1). Je crois probable d'après ces considérations que la division n'a encore lieu ici, comme pour l'acide sulfureux qu'en 16, et que le volume atomique déduit de la densité est par conséquent $\frac{3{,}876}{16} = 0{,}242$, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}242} = 0{,}623$. Ainsi la molécule solide de l'acide sulfurique anhydre serait formé de $\frac{1}{10}$ d'atome chimique de soufre et $\frac{3}{16}$ d'atome d'oxigène, et on aurait la constitution de cette molécule en ajoutant à celle de l'acide sulfureux $\frac{1}{10}$ d'atome d'oxigène, sans division ultérieure.

L'acide carbonique nous fournira un autre exemple de ces applications. Son atome en le supposant formé d'un atome chimique de carbone, et 2 at. d'oxigène est $0{,}75 + 2 = 2{,}75$. La densité de l'acide carbonique liquefié, selon les expériences de Thilorier est à 0° de 0,83 en prenant celle de l'eau pour unité; elle devient 0,6 à la température 48°C, et 0,9 à la température —20°. Ainsi en prenant la densité de l'acide à 0° pour unité, on a par un accroissement de température de + 48, une diminution de densité de

$$\frac{0{,}83 - 0{,}60}{0{,}83} = \frac{0{,}23}{0{,}83} = 0{,}277 ,$$

(1) Il faut y joindre encore la considération de l'accroissement du nombre affinitaire du soufre que nous avons annoncée dans la note précédente.

et par un abaissement de température de 20° un accroissement de densité de

$$\frac{0,90 - 0,83}{0,83} = \frac{0,07}{0,83} = 0,0843 .$$

Je trouve qu'on peut satisfaire à ces observations par la formule empirique

$$y = -0,00467 . t - 0,000023 . t^2 ,$$

où y est la variation de densité, en prenant pour unité celle à 0°, pour un nombre t de degrés au dessus de 0°. La congélation de ce liquide a lieu à-peu-près, selon THILORIER, à $-100°$. Or en faisant $t = -100°$, la formule donne $y = +0,237$, c'est-à-dire un accroissement de 0,237 de la densité à 0° qui est 0,83 en prenant celle de l'eau pour unité, et par conséquent $0,237 . 0,83 = 0,20$ à-peu-près dans cette dernière unité; ainsi l'acide carbonique liquide sur le point de se congéler aurait une densité $0,83 + 0,20 = 1,03$. Ignorant s'il y aurait dilatation ou condensation dans le passage à l'état solide, et eu égard à la petite dilatation qui devrait avoir lieu dans l'acide solide, pour revenir à la température ordinaire, si cela pouvait se faire sans liquéfaction, nous pourrons supposer d'après cela la densité de l'acide carbonique comparable avec celle des corps solides à-peu-près égale à celle de l'eau. Le quotient de l'atome par la densité restera donc 2,75, et on aura $\frac{2,75}{0,645} = 4,263$. La composition en poids de l'acide carbonique est 0,273 de carbone et 0,727 d'oxigène; en admettant pour le nombre affinitaire du carbone 0,9 intermédiaire entre 0,873 déduit de la densité du diamant, et 0,905 calculé par le pouvoir neutralisant du carbone, selon le 1.er Mémoire, on aura pour le nombre affinitaire de l'acide carbonique

$$0,273 . 0,9 + 0,727 . 0,214 = 0,246 + 0,156 = 0,402 ,$$

et pour son volume atomique $(0,402)^3 = 0,065$; ce nombre entre environ 65 fois dans 4,263, et la puissance de 2 la plus prochainement indiquée pour diviseur serait 64; alors on aurait pour le volume atomique de l'acide carbonique, déduit de sa densité à l'état liquide, $\frac{4,263}{64} = 0,067$ nombre très-rapproché de 0,065; mais peut être, eu

égard aux incertitudes qui restent encore sur la vraie densité de l'acide carbonique liquide ou solide, et sur le nombre affinitaire de l'oxigène qui entre pour les trois quarts dans la composition de cet acide, sera-t-on porté à admettre que la division n'a lieu qu'en 32 parties, savoir que la molécule de cet acide à l'état solide et liquide est formée de $\frac{1}{32}$ d'at. de carbone et $\frac{1}{16}$ d'atome d'oxigène; ce serait encore une division en 2 de plus que celle qui a lieu dans la molécule de l'acide sulfureux, d'après le système que nous avons cru le plus probable. Alors le volume moléculaire de cet acide, indiqué par sa densité, serait $\frac{4,263}{32} = 0,133$, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,133} = 0,511$; les différences entre ces nombres, et les nombres correspondants 0,065 et 0,402 donnés par le calcul de la composition, devraient être rejetées sur les inexactitudes des différentes données dont nous nous sommes servis. Dans ce système 16 molécules d'acide carbonique liquide devraient se réunir pour en former une à l'état de gaz.

Enfin nous soumettrons encore à ces calculs l'acide hyponitrique formé d'un atome d'azote et 2 d'oxigène ; le poids atomique résultant immédiatement de cette réunion est 2,885. On sait que cet acide est liquide aux températures ordinaires ; la densité est estimée 1,451 en cet état. On aura donc

$$\frac{2,885}{1,451} = 1,988, \quad \text{et} \quad \frac{1,988}{0,645} = 3,082 .$$

La composition en poids est de 0,303 d'azote et 0,697 d'oxigène ; en employant le nombre affinitaire de l'azote 1,172 que nous avons trouvé dans le premier Mémoire, par la comparaison des recherches sur les volumes atomiques avec les pouvoirs neutralisants, nous aurons pour le nombre affinitaire de l'acide

$$1,172.0,303 + 0,214.0,697 = 0,355 + 0,149 = 0,504 ,$$

et pour le volume atomique $(0,504)^3 = 0,128$. Ce nombre entre dans 3,082 environ 24 fois ; la division indiquée par là serait intermédiaire entre celle en 16, et celle en 32. En adoptant celle en 16 comme la plus simple on a $\frac{3,082}{16} = 0,193$ au lieu de 0,128 pour le volume

atomique, et $\sqrt[3]{0,193} = 0,578$ au lieu de 0,504 pour le nombre affinitaire. L'atome ou molécule liquide de l'acide hyponitrique serait ainsi formée, comme celle de l'acide sulfureux, de $\frac{1}{16}$ d'atome de radical, et de $\frac{1}{8}$ d'atome d'oxigène.

II. *Sulfures.*

Parmi les sulfures des métaux dont nous avons considéré la molécule à l'état solide comme représentée par leur atome chimique même, il se présente d'abord le sulfure de mercure, ou cinabre $Hg + S$. L'atome donné immédiatement par cette formule est $12,66 + 2 = 14,66$. Sa densité est estimée de 8 à 8,1; nous prendrons la moyenne 8,05. Nous aurons ainsi

$$\frac{14,66}{8,05} = 1,82 , \quad \text{et} \quad \frac{1,82}{0,645} = 2,82 .$$

Sa composition en poids est de 0,863 de mercure et 0,137 de soufre. Si on admet 1,082, comme plus haut, pour le nombre affinitaire du mercure, et 0,919 pour celui du soufre, le nombre affinitaire du sulfure sera $0,934 + 0,126 = 1,060$, et son cube, ou le volume atomique correspondant, 1,191. On aurait un résultat peu différent en prenant 1,009 pour le nombre affinitaire du soufre. Le nombre 1,191 entre un peu plus de 2 fois dans 2,82. On doit admettre d'après cela une division de l'atome en 2; on a alors pour le volume atomique du sulfure, déduit de sa densité, $\frac{2,82}{2} = 1,410$ au lieu de 1,191, et $\sqrt[3]{1,41} = 1,122$ au lieu de 1,060.

Vient ensuite le sulfure de plomb analogue au précédent, $Pb + S$; son atome immédiat est $12,94 + 2 = 14,94$. Sa densité est évaluée de 7,5 à 7,6, moyenne 7,55. Nous avons donc

$$\frac{14,94}{7,55} = 1,98 , \quad \text{et} \quad \frac{1,98}{0,645} = 3,07 .$$

Le nombre affinitaire du plomb étant pris comme plus haut 1,207, et celui du soufre 0,919, la composition en poids, qui est de 0,865 de

plomb et 0,135 de soufre, donnera pour le nombre affinitaire calculé du sulfure,

$$0{,}865 \,.\, 1{,}207 + 0{,}135 \,.\, 0{,}919 = 1{,}044 + 0{,}124 = 1{,}168 \ ;$$

le cube de ce nombre 1,593, qui doit représenter le volume atomique, entre dans 3,07 seulement un peu moins de 2 fois; s'est donc encore la division en 2 qui est indiquée, et on a alors, d'après la densité du sulfure, $\frac{3{,}07}{2} = 1{,}535$ pour le volume atomique, nombre fort rapproché de 1,593, et $\sqrt[3]{1{,}535} = 1{,}154$ pour le nombre affinitaire, ne différant que d'environ un 80.e de 1,168.

Ces deux sulfures présentent donc une division d'atome analogue à celle de leurs oxides correspondants dont nous avons parlé plus haut; les uns et les autres ont leur atome formé d'un demi-atome de métal, et un demi-atome d'oxigène ou de soufre.

Le sulfure d'argent $Ag + S$ de Berzelius devient pour nous, d'après la réduction de l'atome de l'argent à moitié, $2\,Ag + S$, et a par conséquent une composition atomique différente de celle des deux sulfures précédents; le poids de son atome en n'y supposant point de division reste cependant le même que selon Berzelius, savoir $13{,}52 + 2 = 15{,}52$. Le poids spécifique de ce sulfure est à-peu-près 7 par une moyenne entre différentes estimations; on a donc

$$\frac{15{,}52}{7} = 2{,}217 \ , \quad \text{et} \quad \frac{2{,}217}{0{,}645} = 3{,}44 \ .$$

Sa composition en poids est de 0,87 d'argent et 0,13 de soufre; on aura ainsi, d'après nos données précédentes, savoir en prenant 1 pour le nombre affinitaire de l'argent, et 0,919 pour celui du soufre,

$$0{,}87 + 0{,}919 \,.\, 0{,}13 = 0{,}87 + 0{,}119 = 0{,}989 \ ,$$

dont le cube est 0,967. Ce nombre entre dans 3,44 plus de trois fois et demi; il faut donc admettre la division de l'atome en 4, ce qui donne pour le volume atomique déduit de la densité $\frac{3{,}44}{4} = 0{,}860$ au lieu de 0,967, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}86} = 0{,}951$ au lieu de

0,989; on a par là accord approché, et la molécule de ce sulfure sera ainsi formée de $\frac{1}{2}$ atome d'argent tel que nous l'admettons, et $\frac{1}{4}$ d'at. chimique de soufre, constitution entièrement analogue à celle que nous avons trouvée pour la molécule de l'oxide correspondant du même métal.

Nous allons maintenant considérer les sulfures de quelques-uns des métaux pour lesquels nous avons admis la molécule à l'état isolé double de l'atome chimique.

Tel est d'abord le sulfure cuivreux de Berzelius Cu^2+S, dont les deux atomes chimiques de cuivre ne formeraient selon nous à l'état libre qu'une seule molécule solide. Le poids de son atome ainsi composé serait $7,92+2=9,92$. Sa densité est estimée de 5,4 à 5,7 ; moyenne 5,55, et l'on a ainsi

$$\frac{9,92}{5,55}=1,79\,, \quad \text{et} \quad \frac{1,79}{0,645}=2,78\,.$$

Sa composition en poids est à-très-peu-près de 0,80 de cuivre et 0,20 de soufre ; donc on aura d'après les nombres affinitaires du cuivre et du soufre précédemment admis,

$$1,118.0,8+0,919.0,2=0,894+0,184=1,078\,,$$

pour le nombre affinitaire du sulfure, et $(1,078)^3=1,252$ pour le volume atomique; c'est à-peu-près la moitié de 2,78. Il faut donc admettre la division de l'atome en 2; et l'on aura, pour le volume atomique, déduit de la densité, $\frac{2,78}{2}=1,390$, nombre peu différent de 1,252, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,39}=1,116$ au lieu de 1,078; ces deux derniers nombres sont entr'eux à-peu-près comme 28 à 29. Le sulfure cuivreux aurait ainsi sa molécule formée d'un atome de cuivre chimique (ou moitié d'une molécule de cuivre à l'état métallique) et de $\frac{1}{2}$ atome de soufre, comme celle de l'oxide cuivreux son analogue est composée d'un atome chimique de cuivre, et de $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène, selon le système de division que nous avons cru le plus probable pour celui-ci (1).

(1) Si on admettait pour le cuivre le nombre affinitaire 1,015 déduit de la densité du cuivre

Le sulfure de zinc $Zn+S$ appartient aussi à un des métaux dont il s'agit, et est formé d'un atome de chacun des deux éléments, tels que les chimistes les admettent. Son atome, d'après la formule, sans division, est $4{,}03+2=6{,}03$. Sa densité est estimée de 3,9 à 4,1, moyenne 4, ce qui donne

$$\frac{6{,}03}{4}=1{,}51\ ,\quad \text{et}\quad \frac{1{,}51}{0{,}645}=2{,}34\ .$$

Sa composition en poids est de 0,668 de zinc et 0,332 de soufre. D'après les nombres affinitaires du zinc, et du soufre, admis précédemment, on aura pour celui du sulfure

$$1{,}213\,.\,0{,}668+0{,}919\,.\,0{,}332=0{,}810+0{,}305=1{,}115\ ,$$

et pour le volume moléculaire $(1{,}115)^3=1{,}386$. Ce nombre entre dans 2,34 environ 1,7 fois; on peut donc prendre la division en 2 comme la plus prochaine indiquée, ce qui rend la constitution de l'atome de ce sulfure semblable à celle que nous avons regardée comme la plus probable, quoique avec beaucoup moins d'accord, pour l'oxide correspondant $Zn+O$. On aura alors pour le volume moléculaire déduit de la densité du sulfure $\frac{2{,}34}{2}=1{,}170$ au lieu de 1,386, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1{,}17}=1{,}054$ au lieu de 1,115: ces deux derniers nombres sont entre eux à-peu-près comme 17 à 18.

---

métallique dans la supposition que sa molécule fût $\frac{3}{2}$ de l'atome chimique, le nombre affinitaire du sulfure $2Cu+S$ deviendrait

$$0{,}8\,.\,1{,}015+0{,}184=0{,}812+0{,}184=0{,}996\ ,$$

et son volume moléculaire calculé par la composition $(0{,}996)^3=0{,}988$. Ce nombre entre dans 2,78 près de 3 fois; cela conduit à admettre une molécule intermédiaire entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$, c'est-à-dire $\frac{3}{8}$ de l'atome chimique résultant immédiatement de la composition, ce qui revient à supposer la réunion de 3 de ces atomes chimiques, puis la division en 2; en effet on a $\frac{3}{8}\,.\,2{,}78=1{,}042$ nombre peu différent de 0,988 pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{1{,}042}=1{,}014$ fort rapproché de 0,996 pour le nombre affinitaire. La triplication de l'atome se conserverait donc, selon ce système, dans ce sulfure comme dans l'oxide cuivreux son analogue, et ces deux composés présenteraient une constitution moléculaire semblable.

Parmi les sulfures de cette classe de métaux nous considérerons encore le bisulfure de fer $Fe+S^2$ formé d'un atome chimique de fer et 2 de soufre. Son atome, tel qu'il est donné par cette formule, d'après le poids atomique du fer qui était jusqu'ici admis, a le poids $3{,}39+4=7{,}39$. La densité de ce sulfure, qui est la pyrite ordinaire, est estimée de 4,9 à 5,1 ; moyenne 5; on aura donc

$$\frac{7{,}39}{5}=1{,}48\,, \quad \text{et} \quad \frac{1{,}48}{0{,}645}=2{,}29\,.$$

Sa composition en poids est de 0,458 de fer, et 0,542 de soufre. On aura donc, d'après les nombres affinitaires du fer et du soufre employés ci-dessus, conformément au premier Mémoire,

$$0{,}458.1{,}114+0{,}542.0{,}919=0{,}510+0{,}498=1{,}008$$

pour le nombre affinitaire de ce sulfure, et $(1{,}008)^3=1{,}024$ pour son volume moléculaire. Ce nombre différant peu de la moitié de 2,29, c'est encore la division en 2 qu'on doit admettre; on aura ainsi pour le volume moléculaire $\frac{2{,}29}{2}=1{,}145$ qui dépasse de peu 1,024, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1{,}145}=1{,}046$ fort peu différent de 1,008. Ce sulfure serait donc formé d'un demi-atome chimique de fer et 1 at. de soufre, constitution analogue à celle des oxides correspondants du plomb et de l'étain que nous avons examinés plus haut, quoique ces derniers métaux soient de ceux pour lesquels nous n'avons point admis de redoublement d'atome pour former la molécule à l'état isolé, comme nous l'avons fait pour le fer.

Mais nous devons maintenant modifier ce calcul d'après le nouveau poids atomique du fer 3,5, dont nous avons parlé ci-dessus, et le nouveau nombre affinitaire 1,126, que nous en avons déduit en partant de la densité du fer métallique. Le poids atomique du sulfure, d'après sa formule $Fe+S^2$, devient $3{,}5+4=7{,}5$, et l'on a $\frac{7{,}5}{5}=1{,}5$, et ensuite $\frac{1{,}5}{0{,}645}=2{,}326$. La composition en poids se trouve maintenant 0,467 de fer et 0,533 de soufre, et nous donne

$$0{,}467.1{,}126+0{,}533.0{,}919=0{,}526+0{,}490=1{,}016$$

pour le nombre affinitaire calculé du sulfure; le cube 1,049 de ce nombre sera son volume moléculaire; ce nombre entrant environ 2,2 fois dans 2,326, c'est encore la division en 2 que nous devons admettre, et nous avons ainsi pour le volume moléculaire déduit de la densité du sulfure $\frac{2,326}{2} = 1,163$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,169} = 1,052$, nombres toujours assez rapprochés respectivement de 1,049 et 1,016, en sorte qu'il n'y a rien à changer à la constitution de la molécule à laquelle nous avons été conduits.

Nous allons maintenant examiner sous le même point de vue les sulfures de deux substances non métalliques, l'hydrogène, et le carbone; savoir l'acide sulfhydrique ou hydrogène sulfuré, et le carbure de soufre.

L'atome du premier de ces deux composés, rapporté immédiatement à la formule $S+2H$, est 2,125. Sa densité à l'état liquide est, selon FARADAY, 0,9 environ; en supposant que ce soit aussi là à-peu-près la densité qui lui appartiendrait à l'état solide, on aura

$$\frac{2,125}{0,9} = 2,36, \quad \text{et} \quad \frac{2,36}{0,645} = 3,65 .$$

La composition en poids est de 0,942 de soufre, et 0,058 d'hydrogène. Si l'on prend pour le nombre affinitaire du soufre 0,919, que nous avons déduit de la densité du soufre, et pour celui de l'hydrogène 3,409 comme plus haut, le nombre affinitaire du composé sera

$$0,942 . 0,919 + 0,058 . 3,409 = 0,866 + 0,198 = 1,064 ,$$

dont le cube 1,204, qui doit exprimer le volume moléculaire, entre tant soit peu plus de 3 fois dans 3,65; on resterait donc douteux entre la division en 2 ou en 4. Mais si on emploie pour le nombre affinitaire du soufre celui que nous avons déduit de la considération de son pouvoir neutralisant, savoir 1,009, le nombre affinitaire du composé deviendra $0,950 + 0,198 = 1,148$, et son cube 1,513; ce nombre n'entre plus dans 3,65 qu'un peu moins de deux fois et demi, ce qui parait favorable à la division par 2 seulement. En l'admettant, on aura $\frac{3,65}{2} = 1,825$ pour le volume moléculaire déduit de la densité au lieu de

1,204 ou de 1,513 que donne le calcul par la composition dans les deux suppositions dont nous venons de parler; le nombre 1,825 est environ d'un sixième plus grand que ce dernier, et la différence se réduirait à $\frac{1}{18}$ environ entre les racines cubiques de ces nombres, 1,222 et 1,148, c'est-à-dire entre les nombres affinitaires qui y répondent. Par suite de cette division en 2 la molécule liquide de l'acide sulfhydrique serait la même que sa molécule gazeuse, ensorte que le gaz se réduirait en liquide sans réunion de molécules, tandis que nous avons vu que les molécules gazeuses de l'eau devraient se réunir 4 à 4 selon nos calculs pour former la molécule liquide. Mais comme l'accord du résultat de cette division en 2 pour l'acide sulfhydrique, avec le calcul de la composition est assez imparfait, on doit regarder encore cette constitution de sa molécule à l'état liquide comme douteuse.

Le carbure de soufre ou sulfide carbonique est composé, comme on sait, d'un atome de carbone et 2 de soufre; le poids de l'atome qui résulterait immédiatement de cette réunion est $0,75+4=4,75$. Sa pesanteur spécifique à l'état liquide est 1,272; en supposant que ce serait aussi à-peu-près sa densité à l'état solide, on aura

$$\frac{4,75}{1,272}=3,734, \quad \text{et} \quad \frac{3,734}{0,645}=5,79 .$$

La composition en poids est à-très-peu-près 0,16 de carbone et 0,84 de soufre. Si l'on admet pour le carbone le nombre affinitaire 0,873, et pour celui du soufre 0,919, on aura pour le nombre affinitaire du composé

$$0,16.0,873+0,84.0,919=0,140+0,772=0,912 ,$$

dont le cube 0,759 entre plus de $7\frac{1}{2}$ fois dans 5,79, et conduit par conséquent à admettre une division en 8. Si on avait employé pour le nombre affinitaire du carbone 0,905, et pour celui du soufre 1,009 qui sont les nombres que nous avons trouvés par la considération des pouvoirs neutralisants, on aurait trouvé pour le nombre affinitaire de ce même composé

$$0,16.0,905+0,84.1,009=0,145+0,848=0,993 ,$$

dont le cube 0,979 n'entrerait plus qu'un peu moins de 6 fois dans 5,79, ce qui laisserait douteux le choix entre 4, et 8 pour diviseur; mais nous

pouvons nous en tenir avec probabilité à 8 comme donné par un des calculs, et non contredit par l'autre. Alors le volume moléculaire déduit de la densité du liquide sera $\frac{5,79}{8} = 0,724$, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,724} = 0,898$, nombres peu différents respectivement de 0,759 et de 0,912. Si l'on admet cette division l'atome de ce liquide sera formé de $\frac{1}{8}$ d'atome de carbone et $\frac{1}{4}$ d'atome de soufre. Pour l'acide carbonique qui est parmi les substances oxigénées l'analogue de ce sulfide, nous avons été conduits à admettre la division de l'atome immédiat en 32; c'est une division en 4 de plus que dans le sulfide, de même que nous avons trouvé pour l'eau une division de l'atome en 4 de plus que dans le sulfide hydrique son correspondant.

Ainsi la constitution des atomes des deux composés sulfuriques ne serait pas la même que celle des deux composés oxigéniques correspondants, mais le rapport en serait le même pour les deux radicaux, carbone et hydrogène. Cependant les données ne sont pas assez certaines pour qu'on puisse compter sur l'exactitude de ces conséquences.

III. *Chlorures.*

Nous considérerons d'abord deux chlorures des métaux ordinaires, formés d'un seul atome chimique de métal et d'un atome simple de chlore.

Le premier est le protochlorure de mercure, ou mercure doux *Hg+Cl*. Son atome, en n'y supposant point de division, serait 12,66+2,21 = 14,87. Sa densité est estimée 6,5; on a donc

$$\frac{14,87}{6,5} = 2,288 , \quad \text{et} \quad \frac{2,288}{0,645} = 3,547 .$$

La composition en poids est 0,851 de mercure, et 0,149 de chlore. Le nombre affinitaire du mercure trouvé dans le 1.er Mémoire étant 1,082, si l'on prend pour celui du chlore 0,849, tel que nous l'avons déduit de la densité du chlore liquéfié, on aura pour le nombre affinitaire calculé du chlorure

$$0,851 . 1,082 + 0,149 . 0,849 = 0,921 + 0,126 = 1,047 ,$$

dont le cube 1,148 entre un peu plus de 3 fois dans 3,547. Si l'on avait pris pour le nombre affinitaire du chlore 0,768 seulement, tel que nous l'avons déduit de son pouvoir neutralisant, on aurait eu pour le nombre affinitaire du chlorure $0{,}921+0{,}114=1{,}035$, dont le cube 1,108 entre dans 3,547 un nombre de fois encore un peu plus supérieur à 3. C'est donc la division en 4 qui est indiquée. En l'admettant on aura pour le volume moléculaire de ce chlorure déduit de sa densité $\frac{3{,}547}{4}=0{,}887$ au lieu de 1,148, ou de 1,108, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}887}=0{,}961$ au lieu de 1,047, ou de 1,035. La molécule du chlorure, dont il s'agit, serait formée d'après cela d'un quart d'atome de mercure, et un quart d'atome simple de chlore; nous avons vu que la molécule de l'oxide $Hg+O$, qui serait son correspondant en assimilant l'atome simple du chlore à celui de l'oxigène, admettait seulement la division en 2, savoir était formé de $\frac{1}{2}$ at. de métal et $\frac{1}{2}$ at. d'oxigène; mais le chlore se combinant en général, comme on saît, par doubles atomes en remplacement d'autant d'atomes simples d'oxigène, les composés de ces deux corps ne sont pas exactement comparables relativement à la constitution de leurs molécules.

Le chlorure d'argent $Ag+2Cl$ de Berzelius nous fournit le second exemple de la composition atomique précédente, d'après l'atome de l'argent que nous avons adopté, moitié de celui de Berzelius; la formule indiquée, selon cette évaluation, devient en effet $2Ag+2Cl$, et peut se réduire à $Ag+Cl$. Par cette dernière formule son atome devient aussi la moitié de celui de Berzelius, savoir $6{,}76+2{,}21=8{,}97$. La densité de ce chlorure est communément estimée en moyenne de 5,55; Herapath cependant l'évalue à 5,13; nous pouvons donc prendre pour une moyenne approchée 5,4; nous avons ainsi

$$\frac{8{,}97}{5{,}4}=1{,}66\ , \quad \text{et} \quad \frac{1{,}66}{0{,}645}=2{,}57\ .$$

La composition en poids de ce chlorure est 0,753 d'argent et 0,247 de chlore. D'après les nombres affinitaires ci-dessus de l'argent et du chlore 1 et 0,849, celui du chlorure, pour suite de sa composition, sera

$$0{,}753+0{,}247\,.\,0{,}849=0{,}753+0{,}210=0{,}963\ ,$$

dont le cube 0,893, n'entre pas tout-à-fait 3 fois dans 2,57. Mais si

au lieu de 0,849 on prend pour le chlore le nombre affinitaire 0,768 que nous avons déduit du pouvoir neutralisant, on aura pour celui du chlorure dont il s'agit,

$$0{,}753 + 0{,}768 \,.\, 0{,}247 = 0{,}753 + 0{,}190 = 0{,}943 \ ,$$

dont le cube 0,838 entre un peu plus de 3 fois dans le même nombre 2,57. On pourrait rester douteux d'après cela entre la division en 2 et celle en 4; mais si on admettait celle en 2 seulement, le volume atomique du chlorure serait $\frac{2{,}57}{2} = 1{,}28$, et ainsi notablement plus fort que celui de l'argent même, tandis que l'addition du chlore doit le rendre plus électro-négatif, et par conséquent de moindre volume atomique; il ne paraît donc pas douteux que c'est la division en 4 qu'il faut adopter; alors on a par le volume atomique $\frac{2{,}57}{4} = 0{,}642$ au lieu de 0,893 ou de 0,838, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}642} = 0{,}863$ au lieu de 0,963 ou 0,943. L'écart entre les deux calculs est ici un peu plus considérable qu'à l'ordinaire; mais, indépendamment des incertitudes qui peuvent rester sur les densités observées, il faut toujours se rappeler que notre loi n'est qu'approximative. D'après ce système la constitution du chlorure d'argent devient analogue à celle du chlorure de mercure précédent, auquel il ressemble selon nous par la composition atomique.

Passons maintenant aux chlorures à 2 atomes de chlore pour 1 de métal. Nous avons d'abord le chlorure mercurique $Hg + Cl^2$ ou sublimé corrosif. Son poids atomique se trouve être 17,085. La densité est selon Gmelin 5,14, selon Boullay 5,42, selon Karsten 5,40; moyenne 5,32. On a donc

$$\frac{17{,}085}{5{,}32} = 3{,}211 \ , \quad \text{et} \quad \frac{3{,}211}{0{,}645} = 4{,}978 \ .$$

La composition en poids est de 0,741 de mercure et 0,259 de chlore; on aura donc, selon celle des deux estimations du nombre affinitaire du chlore qu'on voudra employer,

$$0{,}741 \,.\, 1{,}082 + 0{,}259 \,.\, 0{,}849 = 0{,}802 + 0{,}220 = 1{,}022 \ ,$$

dont le cube est 1,067, ou bien

$$0{,}802 + 0{,}768 \,.\, 0{,}259 = 0{,}802 + 0{,}199 = 1{,}001 \ ,$$

ayant pour cube 1,003. L'un et l'autre de ces cubes entrent un peu moins de 5 fois dans 4,978. La division en 4 est donc indiquée ; en l'adoptant on a $\frac{4,978}{4} = 1,244$ pour le volume atomique, au lieu de 1,067 ou de 1,003, et $\sqrt[3]{1,244} = 1,075$ pour le nombre affinitaire, au lieu de 1,022 ou de 1,001. La molécule de ce chlorure serait donc formée de $\frac{1}{4}$ d'atome de mercure, et $\frac{1}{2}$ atome simple de chlore, et ne différerait de la molécule du chlorure inférieur $Hg+Cl$ que par l'addition d'un quart d'atome simple de chlore, sans autre division.

Suit le chlorure de plomb $Pb+Cl^2$; le poids de son atome est d'après cette formule 17,37. La densité de ce chlorure par une moyenne entre des évaluations un peu différentes est 5,5. Nous avons ainsi

$$\frac{17,37}{5,5} = 3,158, \quad \text{et} \quad \frac{3,158}{0,645} = 4,896 .$$

La composition en poids est de 0,745 de plomb, et 0,255 de chlore. Nous aurons donc, d'après les nombres affinitaires 1,207 et 0,849 du plomb et du chlore,

$$1,207 . 0,745 + 0,849 . 0,255 = 0,899 + 0,216 = 1,115$$

pour le nombre affinitaire, et $(1,115)^3 = 1,386$ pour le volume moléculaire. Ce nombre entre environ 3,5 fois dans 4,896, et on aurait eu un résultat peu différent en employant pour le chlore le nombre 0,768 au lieu de 0,849. C'est donc encore la division en 4 qui est indiquée, et on a alors $\frac{4,896}{4} = 1,224$ pour le volume atomique au lieu de 1,386, et $\sqrt[3]{1,224} = 1,070$ pour le nombre affinitaire au lieu de 1,115. La constitution de ce chlorure se trouve ainsi semblable à celle du chlorure de mercure précédent, son analogue.

A la suite de ces chlorures de métaux ordinaires nous pouvons examiner ceux de sodium et de potassium.

Le chlorure de sodium est formé d'un atome de sodium, tel qu'on l'admet en chimie (et dont 2 devraient se réunir, selon ce que nous avons vu dans le premier Mémoire, pour former sa molécule solide à l'état libre) et 2 atomes simples de chlore. Son atome en ne supposant

point de division est d'après cela $2,90+4,42=7,32$. La densité du sel gemme est ordinairement estimée de 2,2 à 2,3, ce qui donnerait la moyenne 2,25; mais comme KARSTEN n'attribue au chlorure de sodium que la densité 2,08, et WILD l'a même évaluée à 1,95, je prendrai pour cette densité 2,1. On aura ainsi

$$\frac{7,32}{2,1}=3,485, \quad \text{et} \quad \frac{3,485}{0,645}=5,403 .$$

La composition en poids est de 0,397 de sodium, et 0,603 de chlore. On a d'après cela, selon les nombres affinitaires que nous avons attribués à ces deux composants, par la considération de leur densité à l'état d'isolement,

$$1,325 . 0,397+0,849 . 0,603=0,526+0,512=1,038 ,$$

dont le cube est 1,118; ce nombre entre un peu moins de 5 fois dans 5,403, ce qui indique une division en 4. Si on avait pris pour le chlore le nombre affinitaire 0,768 seulement, on aurait eu pour celui du chlorure un nombre un peu moindre que 1,038, et dont le cube serait entré presque 5 fois et demie dans 5,403, mais l'indication du système de division n'en serait pas changé. En admettant la division en 4, on aura pour le volume atomique calculé par la densité du chlorure $\frac{5,403}{4}=1,351$ au lieu de 1,118, et $\sqrt[3]{1,351}=1,105$ au lieu de 1,038. Ainsi dans le chlorure de sodium la molécule serait formée de $\frac{1}{4}$ d'at. chimique de sodium (ou $\frac{1}{8}$ de sa molécule solide à l'état isolé) et $\frac{1}{2}$ at. simple de chlore.

Le chlorure de potassium est selon BERZELIUS $K+Cl^2$, et ainsi de composition analogue à celle du chlorure de sodium; mais j'ai rappelé dans le premier Mémoire les raisons qui portent à croire que l'atome chimique du potassium n'est que la moitié de celui admis par BERZELIUS; alors la composition atomique du chlorure de potassium devient pour nous K^2+Cl^2, et se réduit à $K+Cl$, en entendant par K un poids égal à la moitié de l'atome du potassium de BERZELIUS; le poids de l'atome résultant immédiatement de cette dernière formule devient 4,663, moitié aussi de celui de BERZELIUS, pour le chlorure. La densité du chlorure

de potassium est 1,94 selon KOPP, 1,92 selon KARSTEN, moyenne 1,93; on aura donc

$$\frac{4,663}{1,93}=2,416, \quad \text{et} \quad \frac{2,416}{0,645}=3,745 .$$

La composition en poids est de 0,525 de potassium, et 0,475 de chlore; on aura en conséquence, d'après le nombre affinitaire 1,303, que nous avons attribué au potassium dans le premier Mémoire, et celui employé ci-dessus 0,849 pour le chlore,

$$0,525 . 1,303 + 0,475 . 0,849 = 0,684 + 0,403 = 1,087 ,$$

dont le cube est 1,285; ce nombre n'entre pas tout-à-fait 3 fois dans 3,745; mais si au lieu du nombre 0,849 on emploie pour le chlore le nombre 0,768 déduit du pouvoir neutralisant, on trouve pour le nombre affinitaire du chlorure

$$0,684 + 0,475 . 0,768 = 0,684 + 0,365 = 1,049 ,$$

dont le cube 1,154 entre environ 3 $\frac{1}{4}$ fois dans 3,745. Cela rend douteux le choix entre les deux divisions 2 et 4; si on n'admettait que la division en 2 on aurait le volume atomique du chlorure $\frac{3,745}{2}=1,872$, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,872}=1,233$, nombres notablement supérieurs à ceux donnés par le calcul de la composition; si on adoptait celle en 4, on aurait $\frac{3,745}{4}=0,936$ pour le volume atomique, et $\sqrt[3]{0,936}=0,978$ pour le nombre affinitaire; nombres qui seraient au contraire trop petits. Nous laisserons donc ce point indécis pour le moment; nous observerons seulement que dans le premier système la molécule serait formée de $\frac{1}{2}$ atome chimique de potassium tel que nous l'admettons (ou $\frac{1}{4}$ de la molécule solide du potassium métallique), et $\frac{1}{2}$ atome simple de chlore; selon le second système ce serait $\frac{1}{4}$ d'atome chimique de potassium, et $\frac{1}{4}$ d'atome de chlore.

Nous considérerons maintenant encore un chlorure à radical composé, le chlorure d'ammonium ou sel ammoniac; sa composition atomique est, comme on sait, $Am + Cl^2 = Az^2 H^8 Cl^2$; le poids de l'atome

selon cette formule, et en n'y supposant point de division, est 6,696. Sa densité est 1,45 selon WATSON, 1,50 selon KOPP, 1,53 selon MOHS; moyenne 1,49; nous aurons donc

$$\frac{6,696}{1,49}=4,494\,, \quad \text{et} \quad \frac{4,494}{0,645}=6,967\,.$$

La composition en poids est de 0,339 ammonium, et 0,661 chlore, ou 0,0746 hydrogène, 0,2644 azote, et 0,6610 chlore; en prenant pour les nombres affinitaires de l'hydrogène et de l'azote les valeurs que nous en avons trouvées dans le 1.er Mémoire, d'après leur pouvoirs neutralisants, et pour celui du chlore, 0,849, nous aurons pour le nombre affinitaire du chlorure

$$0,0746.3,409+0,264.1,172+0,661.0,849=0,254+0,309+0,561=1,124\,;$$

le cube de ce nombre 1,420 entre dans 6,967 un peu moins de 5 fois. Si on avait pris pour le chlore 0,768 seulement au lieu de 0,849 on aurait eu

$$0,254+0,309+0,508=1,071\,,$$

dont le cube 1,228 entre un peu plus que 5 fois et demie dans 6,967. La division par 4 est par là indiquée, quoique d'une manière un peu éloignée. En l'adoptant on aura pour le volume moléculaire du chlorure d'ammonium $\frac{6,967}{4}=1,742$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,742}=1,203$ au lieu de 1,124 ou de 1,071 donné par le calcul de la composition. D'après ce système la molécule solide du chlorure d'ammonium serait formée de $\frac{1}{2}$ atome d'azote, 2 atomes d'hydrogène et $\frac{1}{2}$ at. de chlore simples. Cependant si le second des deux systèmes que nous avons proposés pour le chlorure de potassium était le véritable, l'analogie porterait à admettre une division ultérieure en deux dans le chlorure d'ammonium, en sorte que la molécule du chlore y fût au même état de division dans les deux composés; alors le volume moléculaire du chlorure d'ammonium serait $\frac{6,967}{8}=0,871$, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,871}=0,955$.

IV. *Ammoniaque.*

Le poids de l'atome de l'ammoniaque donné immédiatement par la formule AzH^3 est 1,072. Sa densité à l'état liquide, au quel on l'obtient par le froid et la compression, est 0,76, et nous considérerons cette densité comme celle de l'ammoniaque solide, faute de la connaître dans ce dernier état. Nous aurons donc

$$\frac{1,072}{0,76} = 1,410 \text{ , et } \frac{1,410}{0,645} = 2,187 \text{ .}$$

La composition en poids est de 0,825 azote et 0,175 hydrogène; on a en conséquence pour son nombre affinitaire calculé, d'après ceux de l'azote et de l'hydrogène trouvés dans le premier Mémoire,

$$0,825.1,172 + 0,175.3,409 = 0,967 + 0,597 = 1,564 \text{ ,}$$

dont le cube est 3,825. Ce nombre est supérieur à 2,187, et le contient environ une fois et $\frac{3}{4}$. Cela conduit à admettre qu'il y a ici non pas division de l'atome résultant immédiatement de la combinaison, mais réunion de 2 atomes en un seul. En ce cas le volume moléculaire de l'ammoniaque déduit de sa densité sera $2.2,187 = 4,374$ au lieu de 3,825. La racine cubique de ce nombre, laquelle doit exprimer son nombre affinitaire, est 1,635 au lieu de 1,564. La molécule de l'ammoniaque liquide serait, d'après cela, formée de 2 atomes simples d'azote et 6 at. simples d'hydrogène. On sait qu'un volume de gaz ammoniaque ne contient qu'un demi-volume d'azote, et 1 $\frac{1}{2}$ volume d'hydrogène; la molécule gazeuse de l'ammoniaque ne serait donc que le quart de celle à l'état liquide; ou en d'autres termes les molécules gazeuses devraient se réunir quatre à quatre en passant à l'état liquide, ou la molécule liquide se diviser en quatre en passant à la forme gazeuse.

V. *Oxysels.*

A. Carbonates.

Carbonate d'argent. Ce sel $AgO+CO^2$ de Berzelius devient, d'après notre évaluation de l'atome chimique de l'argent, Ag^2O+CO^2, mais cela ne change pas le poids de son atome qui est 17,28, tant qu'on n'y admet pas de division. Sa densité d'après Karsten est 6,08; ainsi nous avons

$$\frac{17,28}{6,08}=2,842\ ,\quad \text{et}\quad \frac{2,842}{0,645}=4,406\ .$$

D'un autre côté ce sel est formé en poids de 0,84 d'oxide d'argent et 0,16 d'acide, ce qui revient à 0,782 d'argent, 0,044 de carbone et 0,174 d'oxigène. En prenant pour le nombre affinitaire de l'argent 1, pour celui du carbone 0,9 intermédiaire entre les deux évaluations rappelées plus haut, et pour celui de l'oxigène 0,214, nous aurons pour le nombre affinitaire du carbonate, d'après sa composition,

$$0,782+0,044.0,9+0,174.0,214=0,782+0,040+0,037=0,859\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,859)^3=0,634$. Ce nombre entre près de 7 fois dans 4,406, et nous conduit à admettre une division de l'atome ci-dessus en 8 pour former la molécule. On a alors en effet $\frac{4,406}{8}=0,551$ au lieu de 0,634 pour le volume moléculaire déduit de la densité, et $\sqrt[3]{0,551}=0,820$ au lieu de 0,859 pour le nombre affinitaire. En adoptant cette division la molécule du carbonate d'argent serait formée de $\frac{1}{4}$ d'atome chimique d'argent tel que nous l'admettons, $\frac{1}{8}$ d'atome de carbone et $\frac{3}{8}$ d'atome d'oxigène, $\frac{1}{8}$ appartenant à l'oxide, et $\frac{2}{8}$ ou $\frac{1}{4}$ à l'acide. Dans l'oxide d'argent, selon ce que nous avons vu plus haut, l'atome de l'argent ne serait réduit qu'à la moitié; lors donc que cet oxide se combine avec l'acide carbonique pour former le carbonate, il devrait encore subir un partage de la molécule en deux.

Carbonate de plomb. D'après sa formule $PbO+CO^2$ le poids atomique, abstraction faite de toute division, en est 16,71. Sa densité est 6,43 selon KARSTEN, 6,47 selon BREITHAUPT; moyenne 6,45. On a donc

$$\frac{16,71}{6,45}=2,591\ ,\quad \text{et}\quad \frac{2,591}{0,645}=4,017\ .$$

Sa composition en poids est de 0,835 d'oxide de plomb et 0,165 d'acide, ou 0,775 de plomb, 0,045 de carbone, et 0,180 d'oxigène. D'après les nombres affinitaires 1,207 pour le plomb, 0,9 pour le carbone, et 0,214 pour l'oxigène, on aura pour le carbonate

$$0,775.1,207+0,045.0,9+0,180.0,214=0,935+0,040+0,039=1,014\ ,$$

dont le cube est 1,042. Ce nombre entre dans 4,017 près de 4 fois, ce qui nous conduit à admettre une division en 4. On a ainsi $\frac{4,017}{4}=1,004$ pour le volume moléculaire, au lieu de 1,042, et $\sqrt[3]{1,004}=1,001$ pour nombre affinitaire, au lieu de 1,014. La molécule de ce carbonate est donc formée de $\frac{1}{4}$ d'atome de plomb, $\frac{1}{4}$ d'atome de carbone, et $\frac{3}{4}$ d'atome d'oxigène; savoir $\frac{1}{4}$ d'atome pour l'oxide, et $\frac{2}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ atome pour l'acide. Si, comme nous l'avons cru probable, l'oxide de plomb PbO présente une division en 2, c'est-à-dire a sa molécule formée de $\frac{1}{2}$ atome de plomb et $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène, il devra subir une nouvelle division de son atome en 2 en se réunissant à l'acide carbonique.

Carbonate de fer. Sa formule est $FeO+CO^2$, où cependant Fe n'est selon nous que la moitié de l'atome solide du fer métallique isolé. Le poids atomique du carbonate est, d'après cette formule et d'après le poids atomique du fer qui était jusqu'ici reçu, en ne supposant point de division, 7,16. Sa densité est selon MOHS 3,83, selon NAUMAN 3,87; moyenne 3,85. Nous avons ainsi

$$\frac{7,16}{3,85}=1,862\ ,\quad \text{et}\quad \frac{1,862}{0,645}=2,884\ .$$

La composition de ce sel en poids est, d'après le même poids atomique du fer, de 0,614 oxidule de fer et 0,386 acide, ou 0,474 de fer, 0,105 de carbone et 0,421 d'oxigène. En prenant pour le nombre affinitaire du fer 1,114, tel qu'il a été déduit dans le 1.er Mémoire,

pour celui du carbone le nombre moyen 0,9, et pour celui de l'oxigène à l'ordinaire 0,214, on aura

$$0{,}474 . 1{,}114 + 0{,}105 . 0{,}9 + 0{,}421 . 0{,}214 = 0{,}528 + 0{,}095 + 0{,}090 = 0{,}713 ,$$

dont le cube est 0,362. Ce nombre entre dans 2,884 très-près de 8 fois; il faut donc admettre une division en 8. Alors on a $\frac{2{,}884}{8} = 0{,}360$ nombre très-voisin de 0,362 pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{0{,}360} = 0{,}712$ presqu'identique avec 0,713 pour le nombre affinitaire. La molécule du carbonate de fer dont il s'agit serait donc formée de $\frac{1}{8}$ d'atome chimique de fer, $\frac{1}{8}$ d'atome de carbone, et $\frac{3}{8}$ d'atome d'oxigène, dont un 8.e appartenant à l'oxide, et les deux autres 8.es à l'acide carbonique.

Cette constitution de la molécule du carbonate de fer ne sera pas changée, en admettant la nouvelle estimation du poids atomique de fer 3,50. Le poids atomique du carbonate d'après sa formule devient alors 7,25, et l'on a

$$\frac{7{,}25}{3{,}85} = 1{,}883 , \quad \text{et} \quad \frac{1{,}883}{0{,}645} = 2{,}919 .$$

La composition en poids se trouvera être 0,483 de fer, 0,103 de carbone, et 0,414 d'oxigène, et d'après le nombre affinitaire du fer 1,126 déduit du fer métallique selon cette estimation de son poids atomique, on aura pour le nombre affinitaire du carbonate

$$0{,}483 . 1{,}126 + 0{,}103 . 0{,}9 + 0{,}414 . 0{,}214 = 0{,}544 + 0{,}093 + 0{,}089 = 0{,}726 .$$

Le cube de ce nombre 0,383 entre dans 2,919 environ 7,6 fois. C'est donc encore la division par 8 qui est indiquée, et cela nous donnera pour le volume moléculaire du carbonate de fer déduit de sa densité $\frac{2{,}919}{8} = 0{,}365$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}365} = 0{,}715$, nombres respectivement peu différents de 0,383 et de 0,726.

Carbonate de zinc. D'après sa formule $ZnO + CO^2$ (où semblablement Zn est selon nous la moitié seulement de l'atome solide du zinc métallique) le poids de son atome, en n'y supposant point de division, est 7,80. Sa densité est 4,44 selon Mohs et Naumann; on a ainsi

$$\frac{7,80}{4,44}=1,757\ ,\quad \text{et}\quad \frac{1,757}{0,645}=2,724\ .$$

Sa composition en poids est de 0,645 d'oxide de zinc et 0,355 d'acide carbonique, ou 0,517 de zinc, 0,097 de carbone et 0,386 oxigène. En employant les nombres affinitaires du zinc, et de l'oxigène indiqués plus haut, et pour le carbone le nombre moyen 0,9, on obtient pour le nombre affinitaire du carbonate

$$0,517\,.\,1,213+0,097\,.\,0,9+0,386\,.\,0,214=0,627+0,087+0,083=0,797\ ;$$

son cube 0,506 entre dans 2,724 un peu plus de 5 fois; c'est donc la division en 4 qui est ici le plus prochainement indiquée; en l'adoptant on aura $\frac{2,724}{4}=0,681$ pour le volume atomique, au lieu de 0,506, et $\sqrt[3]{0,681}=0,880$ pour le nombre affinitaire, au lieu de 0,797. D'après ce résultat la constitution de la molécule du carbonate de zinc ne serait pas la même que celle du carbonate de fer son analogue en composition, puisque nous avons été conduits pour celui-ci à une division en 8 au lieu de 4 seulement; et c'est ce qu'on pouvait prévoir par la simple inspection des nombres qui servent de base aux deux calculs, puisque le poids de l'atome étant peu différent d'un de ces carbonates à l'autre, la densité de celui de zinc serait notablement plus grande que celle du carbonate de fer, tandis que d'après le pouvoir positif plus considérable du zinc relativement au fer le nombre affinitaire du carbonate de zinc doit aussi se trouver plus fort que celui du carbonate de fer, et tendre ainsi à diminuer la densité du premier. Peut être l'analogie pourrait elle nous porter à penser que c'est aussi la division en 8 qui a lieu dans le carbonate de zinc, et à attribuer l'écart à quelque cause particulière d'erreur.

Carbonate de manganèse. $MnO+CO^2$; le poids de l'atome repondant à cette formule est 7,223. La densité de ce composé, connu en minéralogie sous le nom de *spath manganique*, est estimé de 3,4 à 3,6; moyenne 3,5. On a ainsi

$$\frac{7,223}{3,5}=2,064\ ,\quad \text{et}\quad \frac{2,064}{0,645}=3,200\ .$$

La composition en poids est de 0,617 oxidule de manganèse et 0,383 acide carbonique, ou bien manganèse 0,479, carbone 0,105, oxigène 0,416. En admettant, avec les autres données qui précèdent, le nombre affinitaire 1,068 pour le manganèse, tel que nous l'avons déduit de sa densité à l'état métallique, nous aurons pour celui du carbonate

$$0{,}479 \cdot 1{,}068 + 0{,}105 \cdot 0{,}9 + 0{,}416 \cdot 0{,}214 = 0{,}512 + 0{,}094 + 0{,}089 = 0{,}695,$$

et pour le volume atomique $(0{,}695)^3 = 0{,}336$; ce nombre entre dans 3,200 environ 9 $\frac{1}{2}$ fois; c'est donc la division en 8 qui est indiquée. On aura par là $\frac{3{,}200}{8} = 0{,}400$, pour le volume atomique déduit de la densité du carbonate au lieu de 0,336, et $\sqrt[3]{0{,}400} = 0{,}737$ pour le nombre affinitaire, nombre peu différent de 0,695 que donnait le calcul par la composition. La division en 8, à laquelle nous avons été conduit pour le carbonate de manganèse, est la même que nous a offert le carbonate de fer, conformément à l'analogie de ces deux composés dont on a vu que le carbonate de zinc s'écartait.

Carbonate de soude. $NaO + CO^2$. Dans cette formule Na est l'atome chimique du sodium, tel que nous pouvons l'admettre aussi, quoique nous ayons trouvé que la molécule du sodium métallique est la moitié seulement de cet atome. Le poids de l'atome du carbonate est d'après cette formule 6,67; sa densité est selon Karsten 2,47; on a donc

$$\frac{6{,}67}{2{,}47} = 2{,}700, \quad \text{et} \quad \frac{2{,}700}{0{,}645} = 4{,}186.$$

La composition de ce sel en poids est de 0,586 de soude, et 0,414 d'acide, ou 0,436 de sodium, 0,113 de carbone, et 0,451 d'oxigène. D'après le nombre affinitaire 1,325 du sodium, et ceux déjà employés pour le carbone et l'oxigène, on aura pour celui du carbonate,

$$0{,}436 \cdot 1{,}325 + 0{,}113 \cdot 0{,}9 + 0{,}451 \cdot 0{,}214 = 0{,}578 + 0{,}102 + 0{,}097 = 0{,}777;$$

le cube de ce nombre 0,469 est contenu un peu moins de 9 fois dans 4,186; on doit donc admettre une division en 8. Le volume moléculaire déduit de la densité du carbonate devient par là $\frac{4{,}186}{8} = 0{,}523$ au lieu

de 0,469, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,523} = 0,806$ au lieu de 0,777. La molécule serait ainsi formée de $\frac{1}{8}$ d'atome de sodium, $\frac{1}{8}$ d'atome de carbone, et $\frac{3}{8}$ d'atome d'oxigène.

Carbonate de potasse. Sa formule est, selon BERZELIUS, $KO+CO^2$; si l'atome chimique du potassium est, comme nous l'avons cru probable, la moitié de celui admis par BERZELIUS (tandis que la molécule métallique n'en serait que le quart), K de BERZELIUS devra être considéré comme contenant 2 atomes de potassium; cela ne change pas au reste le poids total de l'atome du carbonate, qui sera d'après cette formule, en n'y supposant pas de division, 8,66. Sa densité selon KARSTEN est 2,26; cela donne

$$\frac{8,66}{2,26} = 3,832, \quad \text{et} \quad \frac{3,832}{0,645} = 5,941 .$$

La composition en poids est de 0,681 potasse et 0,319 acide carbonique, ou 0,565 potassium, 0,087 carbone, 0,348 oxigène. Le nombre affinitaire du potassium étant 1,303, on aura, d'après les autres données précédentes, pour celui du carbonate,

$$0,565 . 1,303 + 0,087 . 0,9 + 0,348 . 0,214 = 0,736 + 0,078 + 0,074 = 0,888 .$$

Le cube de ce nombre 0,701 entre environ 8 $\frac{1}{2}$ fois dans 5,941. En admettant en conséquence une division en 8 on aura $\frac{5,941}{8} = 0,742$, nombre peu différent de 0,701, et $\sqrt[3]{0,742} = 0,905$ pour le nombre affinitaire au lieu de 0,888. Selon ce résultat, et d'après l'atome chimique que nous avons attribué au potassium, la molécule de ce carbonate serait formée de $\frac{1}{4}$ d'atome de potassium, $\frac{1}{8}$ d'atome de carbone, et $\frac{3}{8}$ d'atome d'oxigène, et différerait ainsi de celle du carbonate de sodium de la même manière que la soude diffère en composition de la potasse, savoir parceque la quantité atomique de sodium serait remplacée par une double quantité de potassium. La constitution de la molécule du carbonate de potasse serait au reste la même que celle du carbonate d'argent, au quel il est, selon nous, analogue par la composition chimique, quoique l'atome du potassium offre à l'état métallique une division en deux qui n'a point lieu pour l'atome d'argent.

B. Sulfates.

Sulfate d'argent. Sa formule qui est $AgO+SO^3$ selon BERZELIUS devient Ag^2O+SO^3 en réduisant Ag à la moitié du poids que BERZELIUS lui attribue, comme nous avons cru devoir le faire. Quoiqu'il en soit le poids de l'atome du sel d'après cette formule est 19,53. Sa densité selon KARSTEN est 5,34 ; on a ainsi

$$\frac{19,53}{5,34}=3,657, \quad \text{et} \quad \frac{3,657}{0,645}=5,670.$$

La composition de ce sel en poids est de 0,743 oxide d'argent et 0,257 acide sulfurique, ou 0,692 argent, 0,103 du soufre et 0,205 oxigène. D'après nos évaluations précédentes des nombres affinitaires, en prenant pour celui du soufre le nombre 0,919 déduit de sa densité, on aura pour le nombre affinitaire du composé

$$0,692+0,103.0,919+0,205.0,214=0,692+0,095+0,044=0,831 .$$

Le cube de ce nombre 0,574 est contenu dans 5,67 un peu moins de dix fois; la division la plus prochainement indiquée est donc en 8. On a alors $\frac{5,67}{8}=0,709$ au lieu de 0,574 pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{0,709}=0,892$ au lieu de 0,831 pour le nombre affinitaire. Si dans le calcul par la composition on avait pris pour le nombre affinitaire du soufre au lieu de 0,919 le nombre 1,009 que nous avons déduit de son pouvoir neutralisant, on aurait eu pour le nombre affinitaire du sulfate $0,692+0,104+0,044=0,840$, nombre peu différent de 0,831, et qui nous aurait conduit au même système de division. D'après ce système la molécule du sulfate d'argent serait formée de $\frac{1}{4}$ d'atome d'argent tel que nous l'admettons, de $\frac{1}{8}$ d'atome de soufre, et de $\frac{4}{8}$ ou $\frac{1}{2}$ at. d'oxigène, dont $\frac{1}{8}$ appartenant à la base, et $\frac{3}{8}$ à l'acide. L'atome d'argent s'y présenterait sous la même fraction que dans le carbonate du même métal.

Sulfate de plomb. Son poids atomique, d'après la formule $PbO+SO^3$,

est 18,95 ; sa densité est 6,30 selon Mohs et 6,17 selon Karsten ; moyenne 6,23. On a par là

$$\frac{18,95}{6,23} = 3,041 , \quad \text{et} \quad \frac{3,041}{0,645} = 4,715 .$$

La composition de ce sel en poids est de 0,736 d'oxide de plomb et 0,264 d'acide, ou 0,683 de plomb, 0,106 de soufre et 0,211 oxigène; on aura donc, d'après nos données précédemment employées,

$$0,683 . 1,207 + 0,106 . 0,919 + 0,211 . 0,214 = 0,824 + 0,097 + 0,045 = 0,966$$

pour le nombre affinitaire calculé du composé; on aurait une valeur peu différente en prenant 1,009 pour le soufre au lieu de 0,919. Le nombre 0,966 a pour cube 0,901, nombre qui entre dans 4,715 un peu plus de 5 fois; cela indique la division en 4; en l'adoptant on a $\frac{4,715}{4} = 1,179$, au lieu de 0,901 pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{1,179} = 1,056$ au lieu de 0,966 pour le nombre affinitaire. Ainsi la molécule de ce sulfate serait formée de $\frac{1}{4}$ d'atome de plomb, $\frac{1}{4}$ d'atome de soufre et $\frac{4}{4}$ ou 1 at. entier d'oxigène, dont $\frac{1}{4}$ appartenant à l'oxide, et $\frac{3}{4}$ à l'acide. L'atome du plomb y subit encore la même division que pour le carbonate de plomb, ce qui donne lieu à la même remarque que nous avons faite pour celui-ci relativement au passage de l'état d'oxide à celui de sel.

Sulfate de cuivre. Il s'agit ici du sulfate cuivrique de Berzelius $CuO + SO^3$, le sulfate cuivreux étant fort peu connu. Son poids atomique d'après cette formule est 9,97 ; sa densité à l'état anhydre étant, selon une détermination approchée de Karsten, 3,53, on a

$$\frac{9,97}{3,53} = 2,824 , \quad \text{et} \quad \frac{2,824}{0,645} = 4,378 .$$

La composition en poids est de 0,497 oxide de cuivre et 0,503 acide sulfurique, ou 0,397 cuivre, 0,202 soufre, 0,401 oxigène. On a d'après cela, selon nos évaluations précédentes des nombres affinitaires, pour celui de ce composé

$$0,397 . 1,118 + 0,202 . 0,919 + 0,401 . 0,214 = 0,444 + 0,186 + 0,086 = 0,716$$

Le cube de ce nombre qui est 0,367 entre dans 4,378 un peu moins de 12 fois, et on aurait un résultat peu différent en prenant le nombre 1,009 au lieu de 0,919 pour le soufre; cela indique la division en 8, quoique d'une manière un peu éloignée, et qui peut laisser quelque doute entre cette division et celle en 16; en adoptant celle en 8 comme la plus simple on a $\frac{4,378}{8}=0,547$ au lieu de 0,367 pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{0,547}=0,818$ au lieu de 0,716 pour le nombre affinitaire; et la molécule du sulfate de cuivre sera formée de $\frac{1}{8}$ d'atome chimique de cuivre (ou $\frac{1}{16}$ de son atome solide à l'état métallique), $\frac{1}{8}$ d'atome de soufre, et $\frac{4}{8}$ ou $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène, dont $\frac{1}{8}$ dans la base, et $\frac{3}{8}$ dans l'acide. Mais l'accord entre les résultats est ici peu satisfaisant, et peut être, eu égard à ce que le nombre affinitaire du cuivre déduit de la densité du cuivre métallique, parait un peu excessif relativement à celui des autres métaux, doit on admettre comme la plus probable pour le sulfate la division en 16; on aurait en ce cas $\frac{4,378}{16}=0,274$ au lieu de 0,367 pour le coefficient moléculaire du sel, et $\sqrt[3]{0,274}=0,650$ au lieu de 0,716 pour le nombre affinitaire. L'écart entre les résultats déduits de la densité du sel, et de la composition serait alors en sens opposé de celui qui a lieu dans l'hypothèse de la division en 8, et à-peu-près du même ordre (1).

Sulfate de zinc. Son atome d'après la formule $ZnO+SO^3$ a le poids 10,044; sa densité à l'état anhydre a été trouvée par KARSTEN 3,40. On a donc

---

(1) J'observerai ici que si l'on prenait 1,015 pour le nombre affinitaire du cuivre, d'après la supposition que la molécule du cuivre métallique fût $\frac{3}{2}$ de son atome chimique, on aurait pour le nombre affinitaire du sulfate, calculé d'après sa composition,

$$0,397.1,015+0,186+0,086=0,403+0,272=0,675\ ,$$

dont le cube est 0,308. Ce nombre entre dans 4,378 un peu plus de 14 fois, ce qui indiquerait plus prochainement la division en 16 que celle en 8; en l'adoptant on aurait 0,274 au lieu de 0,308 pour le coefficient moléculaire du sel, et 0,650 au lieu de 0,675 pour le nombre affinitaire, écarts moindres que ceux du texte. La considération du sulfate de cuivre serait donc favorable aussi à la supposition indiquée pour la molécule solide du cuivre; je m'abstiens cependant encore de l'adopter définitivement.

$$\frac{10,044}{3,4}=2,953\,, \quad \text{et} \quad \frac{2,953}{0,645}=4,578\,.$$

Sa composition en poids est de 0,501 oxide de zinc, et 0,499 acide sulfurique, ou 0,401 de zinc, 0,200 de soufre et 0,399 oxigène. On a d'après cela

$$0,401.1,213+0,200.0,919+0,399.0,214=0,486+0,184+0,085=0,755,$$

dont le cube est 0,430. Ce nombre entre un peu plus de 10 fois dans 4,578; c'est donc encore la division en 8 qui est le plus prochainement indiquée. On aura ainsi $\frac{4,578}{8}=0,572$ pour le volume moléculaire au lieu de 0,430, et $\sqrt[3]{0,572}=0,830$ au lieu de 0,755, et la constitution de la molécule du sulfate de zinc sera entièrement analogue à celle que nous avons d'abord supposée pour le sulfate de cuivre; dans l'un et dans l'autre l'atome du métal subirait une division en 2 de plus que dans le sulfate de plomb. Mais nous avons vu des raisons de probabilité pour une division de plus en 2 dans le sulfate de cuivre, savoir pour celle en 16, au quel cas l'analogie n'aurait plus lieu; il faudrait alors pour la rétablir admettre aussi la division en 16 pour le sulfate de zinc, ce qui s'éloignerait notablement de l'observation.

Sulfate de soude. D'après la formule $NaO+SO^3$ le poids de son atome sans division est 8,921. Sa densité à l'état anhydre selon Mohs est 2,46, et selon Karsten 2,63; moyenne 2,545; ainsi

$$\frac{8,921}{2,545}=3,505\,, \quad \text{et} \quad \frac{3,505}{0,645}=5,434\,.$$

La composition en poids est de 0,438 de soude et 0,562 acide, ou 0,326 sodium, 0,225 soufre et 0,449 oxigène; on aura donc, d'après les nombres affinitaires des composants, que nous avons déjà employés,

$$0,326.1,325+0,225.0,919+0,449.0,214=0,432+0,207+0,096=0,735.$$

Le cube de ce nombre 0,397 entre dans 5,434 près de 14 fois; la division la plus prochainement indiquée, quoique avec un écart un peu considérable, est en 16. Si on l'adopte on a $\frac{5,434}{16}=0,340$,

au lieu de 0,397 pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{0,340}=0,698$ au lieu de 0,735 pour le nombre affinitaire; et la molécule du sulfate de soude sera formée de $\frac{1}{16}$ d'atome de sodium, $\frac{1}{16}$ d'atome de soufre, et $\frac{4}{16}$ ou $\frac{1}{4}$ d'atome d'oxigène, dont $\frac{1}{16}$ dans la base, et $\frac{3}{16}$ dans l'acide. Ce serait une division en 2 de plus que dans le carbonate de soude.

Sulfate de potasse. La formule de Berzelius pour ce sel est $KO+SO^3$; encore ici le K de Berzelius doit être considéré, selon nous, comme formé de 2 atomes; mais en tout cas son poids atomique, en n'y admettant point de division, est 10,911. Sa densité est 2,62 selon Karsten et 2,66 selon Kopp; moyenne 2,64; on a ainsi

$$\frac{10,911}{2,64}=4,133\ , \quad \text{et} \quad \frac{4,133}{0,675}=6,408\ .$$

La composition en poids est de 0,541 potasse et 0,459 acide, ou 0,449 potassium, 0,184 soufre et 0,367 oxigène. Cela donne pour le nombre affinitaire du composé, en faisant usage des mêmes nombres pour les composants, que ci-dessus,

$$0,449.1,303+0,184.0,919+0,367.0,214=0,585+0,169+0,079=0,833.$$

Le cube en est 0,578, nombre qui entre environ 11 fois dans 6,408; c'est ici la division en 8 qui est la plus prochainement indiquée, et elle le serait encore quand on ferait usage pour le soufre du nombre 1,009 au lieu de 0,919; on a alors pour le volume moléculaire déduit de la densité du composé $\frac{6,408}{8}=0,801$ au lieu de 0,578, et $\sqrt[3]{0,801}=0,929$ pour le nombre affinitaire au lieu de 0,833. La molécule de ce sulfate serait ainsi formée de $\frac{1}{4}$ d'atome chimique de potassium, tel que nous l'admettons, $\frac{1}{8}$ d'atome de soufre, et $\frac{4}{8}$ ou $\frac{1}{2}$ at. d'oxigène, dont $\frac{1}{8}$ uni au quart d'atome de potassium et $\frac{3}{8}$ avec le huitième d'atome de soufre.

Cette constitution serait encore analogue à celle de l'atome du sulfate d'argent; mais il n'y aurait plus entre le sulfate de potasse, et celui de soude la même relation pour la constitution de la molécule qu'entre les carbonates de ces deux bases; on peut au reste garder des doutes sur le

véritable système de division des deux sulfates, vu l'écart assez considérable qu'ils présentent relativement au calcul par la composition.

Sulfate d'eau. Je considérerai sous ce nom l'acide sulfurique hydraté ordinaire, ou huile de vitriol; sa formule est, comme on sait, H^2O+SO^3, ce qui donne pour le poids de l'atome, en n'y supposant point de division, 6,136. Sa densité à l'état liquide est à-très-peu-près 1,84; il ne paraît pas bien vérifié, si ce liquide se dilate ou se condense en se congélant, et on ignore par conséquent quelle est sa densité à l'état solide; nous nous bornerons donc a regarder cette densité comme peu différente de celle à l'état liquide. Nous aurons ainsi

$$\frac{6,136}{1,84}=3,335\ ,\quad \text{et}\quad \frac{3,335}{0,645}=5,171\ .$$

Sa composition en poids est de 0,183 eau et 0,817 acide, ou 0,0203 hydrogène, 0,3276 soufre et 0,6521 oxigène. On a d'après cela, selon les données précédentes,

$$0,0203.3,409+0,3276.0,919+0,6521.0,214=0,069+0,301+0,140=0,510.$$

Le cube de ce nombre est 0,133, nombre qui entre un peu moins de 39 fois dans 5,171; la division indiquée est donc en 32, et cette indication ne changerait pas en prenant pour le soufre 1,009 au lieu de 0,919; en l'adoptant on a $\frac{5,171}{32}=0,162$ pour le volume moléculaire au lieu de 0,133, et $\sqrt[3]{0,162}=0,545$ pour le nombre affinitaire au lieu de 0,510, ce qui présente un accord approché. Le sulfate d'eau aurait d'après cela sa molécule formée de $\frac{1}{16}$ d'atome d'hydrogène, $\frac{1}{32}$ d'atome de soufre et $\frac{4}{32}$ ou $\frac{1}{8}$ d'atome d'oxigène, dont $\frac{1}{32}$ appartenant à l'eau, et $\frac{3}{32}$ à l'acide. Nous avons trouvé la molécule de l'acide sulfurique anhydre formée le plus probablement de $\frac{1}{16}$ d'atome de soufre, et $\frac{3}{16}$ d'atome d'oxigène. Dans la formation de l'hydrate que nous considérons cette molécule subirait donc une nouvelle division en 2, et cette moitié s'adjoindrait $\frac{1}{16}$ d'atome d'hydrogène et $\frac{1}{32}$ d'atome d'oxigène, c'est-à-dire le quart d'une molécule solide ou liquide d'eau, telle que nous l'avons admise ci-dessus.

Sulfate d'eau hydraté, ou bihydrate d'acide sulfurique. Sa formule chimique est H^2O, SO^3+H^2O ou $H^4O^2+SO^3$, et l'atome représenté immédiatement par cette formule aurait le poids 7,261. Cet hydrate est solide au-dessous de la température $+4°$, et on lui a trouvé la densité 1,78. On aura donc

$$\frac{7,261}{1,78}=4,079\,, \quad \text{et} \quad \frac{4,079}{0,645}=6,324\,.$$

Sa composition en poids est de 0,310 d'eau et 0,690 acide, ou 0,0344 hydrogène, 0,2767 soufre, et 0,6889 oxigène. On aura donc, d'après les données précédentes, pour le nombre affinitaire du composé

$$0,0344.3,409+0,2767.0,919+0,6889.0,214=0,117+0,147+0,254=0,518.$$

Le cube de ce nombre 0,139 entre dans 6,324 un peu plus de 45 fois; la division la plus prochainement indiquée, quoique d'une manière un peu douteuse, est encore en 32. On aurait ainsi pour le volume moléculaire de cet hydrate $\frac{6,324}{32}=0,197$ au lieu de 0,139, et $\sqrt[3]{0,197}=0,582$ au lieu de 0,518. La division étant alors la même que pour le sulfate d'eau simple, il s'ensuit que la molécule de celui-ci en s'adjoignant la quantité d'eau requise pour l'hydratation ne subirait point de nouvelle division.

c. Nitrates.

Nitrate d'argent. Sa formule qui est selon Berzelius $AgO+N^2O^5$, et qui devient, en prenant pour Ag la moitié de l'atome de Berzelius, $Ag^2O+N^2O^5$, donne pour le poids de l'atome, sans division, 21,29; sa densité étant selon Karsten 4,36, on a

$$\frac{21,29}{4,36}=4,883\,, \quad \text{et} \quad \frac{4,883}{0,645}=7,571\,.$$

La composition en poids du nitrate d'argent est de 0,682 oxide d'argent et 0,318 acide, ou 0,635 argent, 0,083 d'azote, et 0,282 oxigène. Attribuant comme plus haut à l'argent, à l'azote et à l'oxigène respectivement les nombres affinitaires 1; 1,172 et 0,214, on aura pour celui du nitrate

$0{,}635 + 0{,}083 . 1{,}172 + 0{,}282 . 0{,}214 = 0{,}635 + 0{,}097 + 0{,}060 = 0{,}792$.

Le cube de ce nombre 0,497 entrant environ 15 fois dans 7,571, la division indiquée est en 16; on a ainsi $\frac{7{,}571}{16} = 0{,}473$ pour le volume moléculaire au lieu de 0,497, et $\sqrt[3]{0{,}473} = 0{,}780$ pour le nombre affinitaire au lieu de 0,792. La molécule serait formée d'après cela, selon notre évaluation de l'atome de l'argent, de $\frac{1}{8}$ d'atome d'argent, $\frac{1}{8}$ d'at. simple d'azote, et $\frac{6}{16}$ ou $\frac{3}{8}$ d'atome d'oxigène, dont $\frac{1}{16}$ appartenant à la base, et $\frac{5}{16}$ à l'acide. L'atome d'argent subirait dans ce sel une division en 2 de plus que dans le carbonate et le sulfate du même métal, selon les indications rapportées plus haut.

Nitrate de plomb. Le poids de son atome tel qu'il résulterait immédiatement de la formule $PbO + N^2O^5$ est 20,71. Sa densité est 4,4 selon Karsten, 4,77 selon Breithaupt, 4,34 selon Kopp; moyenne 4,5 à-très-peu-près. On a ainsi

$$\frac{20{,}71}{4{,}5} = 4{,}602, \quad \text{et} \quad \frac{4{,}602}{0{,}645} = 7{,}135 .$$

La composition de ce nitrate en poids est de 0,673 d'oxide de plomb et 0,327 d'acide, ou de 0,625 de plomb, 0,085 d'azote et 0,290 oxigène; on en déduit pour son nombre affinitaire, d'après les données précédentes,

$$0{,}625 . 1{,}207 + 0{,}085 . 1{,}172 + 0{,}290 . 0{,}214 = 0{,}754 + 0{,}100 + 0{,}062 = 0{,}916.$$

Son cube 0,769 entre environ 9 fois dans 7,135, ce qui indique la division en 8; on aura ainsi $\frac{7{,}135}{8} = 0{,}892$ pour le volume moléculaire au lieu de 0,769, et $\sqrt[3]{0{,}892} = 0{,}963$ pour le nombre affinitaire au lieu de 0,916; et la molécule de ce sel sera formée de $\frac{1}{8}$ d'atome de plomb, $\frac{1}{4}$ d'atome simple d'azote, et $\frac{6}{8}$ ou $\frac{3}{4}$ d'atome d'oxigène. C'est encore une division en 2 de plus que dans le carbonate, et dans le sulfate de plomb.

Nitrate de soude. D'après sa formule $NaO + N^2O^5$ le poids de son atome sans division est 10,68. Sa densité est indiquée 2,19 par Marx, 2,20 par Kopp, 2,26 par Karsten; moyenne 2,22. On en tire

$$\frac{10,68}{2,22}=4,811\,, \quad \text{et} \quad \frac{4,811}{0,645}=7,459\,.$$

La composition en poids est de 0,366 soude et 0,634 acide, ou 0,262 sodium, 0,165 azote, 0,573 oxigène. On déduit de là pour le nombre affinitaire

$$0,262.1,325+0,166.1,172+0,573.0,214=0,347+0,194+0,123=0,664.$$

Le cube de ce nombre 0,293 entre dans 7,459 un peu plus de 25 fois; cela nous laisse douteux entre la division en 16, et celle en 32. Nous nous bornerons à calculer le volume moléculaire et le nombre affinitaire qu'on déduirait de la première de ces divisions, qui est la plus simple, et qui par là est en soi-même plus probable, tant que la réalité d'une division ultérieure n'est pas démontrée. On a alors $\frac{7,459}{16}=0,466$ pour le volume moléculaire au lieu de 0,293, et $\sqrt[3]{0,466}=0,776$ pour le nombre affinitaire au lieu de 0,664. L'atome de sodium y subirait une division semblable à celle qui a lieu dans le sulfate de soude.

Nitrate de potasse. Sa formule est selon Berzelius analogue à celle du nitrate de soude, savoir $KO+N^2O^5$; selon l'atome chimique que nous avons admis pour le potassium il faudra toujours considérer K de Berzelius comme K^2. Le poids atomique au reste demeure 12,67, tel que Berzelius le lui assigne, tant qu'on n'y suppose pas de division. Sa densité est selon Karsten 2,10, selon Kopp 2,06; moyenne 2,08. On a d'après cela

$$\frac{12,67}{2,08}=6,091\,, \quad \text{et} \quad \frac{6,091}{0,645}=9,44\,.$$

La composition en poids est de 0,465 de potasse et 0,535 d'acide, ou de 0,386 potassium, 0,140 azote, 0,474 oxigène; on en déduit pour son nombre affinitaire, d'après nos données précédentes,

$$0,386.1,303+0,140.1,172+0,474.0,214=0,503+0,164+0,101=0,768\,,$$

dont le cube est 0,453. Ce nombre entre dans 9,44 un peu plus de 20 fois; la division la plus prochainement indiquée est donc en 16. On a ainsi $\frac{9,44}{16}=0,590$ pour le volume moléculaire au lieu de 0,453, et

$\sqrt[3]{0,59} = 0,839$ pour le nombre affinitaire au lieu de 0,768. Ce système de division est le même que celui du nitrate d'argent, au quel le nitrate de potasse est analogue relativement aux atomes chimiques que nous avons attribués au potassium et à l'argent; et la constitution atomique du nitrate de potasse différerait d'ailleurs de celle du nitrate de soude que nous avons admise, de la même manière que la potasse diffère selon nous de la soude, savoir par la substitution d'une quantité atomique de potassium double de celle du sodium, comme nous l'avons déjà remarqué pour les deux carbonates.

Nitrate d'ammoniaque. Le poids de l'atome de ce sel, en le considérant comme formé de $Az^2H^8O + Az^2O^5$, c'est-à-dire d'oxide d'ammonium et d'acide nitrique sans eau de cristallisation, et en n'y supposant point de division, est 10,04. Kopp a trouvé son poids spécifique 1,74. On a donc

$$\frac{10,04}{1,74} = 5,770 , \quad \text{et} \quad \frac{5,770}{0,645} = 8,945 .$$

Sa composition en poids est azote 0,353, hydrogène 0,050, oxigène 0,597. Si donc on adopte les nombres affinitaires que nous avons déjà employés pour ces éléments, celui du sel dont il s'agit sera

$$0,353.1,172 + 0,050.3,409 + 0,597.0,214 = 0,414 + 0,170 + 0,128 = 0,712 ;$$

le cube de ce nombre 0,361 entre dans 8,945 près de 25 fois. Ce nombre est intermédiaire entre 16 et 32; nous admettrons l'hypothèse de la division en 16 comme plus probable en elle-même que celle d'une division ultérieure. Dans ce cas le volume moléculaire du sel déduit de sa densité sera $\frac{8,945}{16} = 0,559$ au lieu de 0,361, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,559} = 0,824$ au lieu de 0,712. D'après cette division la molécule de ce sel serait formée de $\frac{4}{16}$ ou $\frac{1}{4}$ d'atome d'azote, $\frac{8}{16}$ ou $\frac{1}{2}$ atome d'hydrogène, et $\frac{6}{16}$ ou $\frac{3}{8}$ d'atome d'oxigène, dont on pourrait concevoir si l'on veut $\frac{2}{16}$ ou $\frac{1}{8}$ d'atome d'azote comme formant de l'oxide d'ammonium avec le $\frac{1}{2}$ at. de l'hydrogène, et $\frac{1}{16}$ d'at. d'oxigène, et les autres $\frac{2}{16}$ ou $\frac{1}{8}$ d'atome d'azote comme formant l'acide nitrique avec $\frac{5}{16}$ d'atome d'oxigène.

Nitrate d'eau ou premier hydrate d'acide nitrique. La formule chimique de ce composé est $H^2O + Az^2O^5$, et d'après cette formule le poids de l'atome en serait $1{,}125 + 6{,}770 = 7{,}895$. Sa densité à l'état liquide est selon MITSCHERLICH 1,522; M. HESS l'a trouvée de 1,51; la moyenne en est 1,516, et nous pouvons prendre ce nombre pour base de notre calcul, faute de connaître la densité qu'il aurait à l'état solide. Nous aurons donc

$$\frac{7{,}895}{1{,}516} = 5{,}208\,, \quad \text{et} \quad \frac{5{,}208}{0{,}645} = 8{,}074\,.$$

La composition en poids est de 0,142 eau et 0,858 acide, ou 0,0158 hydrogène, 0,2240 azote, 0,7602 oxigène. On a d'après cela pour le nombre affinitaire du composé, d'après ceux de ses composants,

$$0{,}0158.3{,}409 + 0{,}7602.0{,}214 + 0{,}224.1{,}172 = 0{,}054 + 0{,}163 + 0{,}263 = 0{,}480.$$

Le cube de ce nombre 0,110 entre dans 8,074 environ 73 fois. En admettant en conséquence la division en 64 comme la plus prochainement indiquée, on a $\frac{8{,}074}{64} = 0{,}126$ au lieu de 0,110, et sa racine cubique est 0,500, nombre peu différent de 0,480. Il y a donc accord satisfaisant entre le volume moléculaire et le nombre affinitaire donnés par la composition, et ceux donnés par la densité du composé. D'après la division indiquée la molécule du composé sera formée de $\frac{1}{32}$ d'atome simple d'hydrogène, $\frac{1}{32}$ d'atome simple d'azote, et $\frac{6}{64}$ ou $\frac{3}{32}$ d'atome d'oxigène, dont $\frac{1}{64}$ appartenant à l'eau, et $\frac{5}{64}$ à l'acide. Il y aurait ainsi dans le nitrate d'eau une division en 2 de plus que dans le sulfate d'eau relativement à l'hydrogène.

Deuxième hydrate de l'acide nitrique. J'entends sous ce nom le composé liquide d'acide nitrique et d'eau, contenant le double d'eau que le précédent. Sa formule est ainsi $H^4O^2 + Az^2O^5$, et son atome sans division a pour poids 9,020. Sa densité selon HESS est 1,485, et nous ferons usage de cette densité pour notre calcul, celle qu'il aurait à l'état solide ne nous étant pas connue. On a ainsi

$$\frac{9{,}020}{1{,}485} = 6{,}074\,, \quad \text{et} \quad \frac{6{,}074}{0{,}645} = 9{,}417\,.$$

La composition en poids est de 0,249 eau et 0,751 acide, ou 0,0276

hydrogène, 0,1960 azote et 0,7764 oxigène. Cela donne pour le nombre affinitaire du composé

$$0{,}0276.3{,}409+0{,}196.1{,}172+0{,}7764.0{,}214=0{,}094+0{,}230+0{,}166=0{,}490.$$

Le cube de ce nombre 0,118 entre dans 9,417 un peu moins de 80 fois, ce qui indique encore la division en 64 quoique d'une manière un peu éloignée. On a alors pour le volume moléculaire déduit de la densité du composé $\frac{9{,}417}{64}=0{,}147$ au lieu de 0,118 et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}147}=0{,}527$ au lieu de 0,490. La division serait ainsi la même que dans la molécule du premier hydrate; savoir la molécule de ce premier hydrate prendrait simplement la quantité d'eau qui constitue le deuxième hydrate, sans subir de division ultérieure.

Troisième hydrate d'acide nitrique $H^8O^4+Az^2O^5$. C'est le degré d'hydratation de l'acide nitrique qui paraît être le plus stable, et au quel l'acide nitrique se fixe par l'ébullition. Berzelius et Hess lui attribuent la densité 1,42. Son poids atomique d'après la formule étant 6,770+4,500=11,270, on a

$$\frac{11{,}270}{1{,}42}=7{,}937, \quad \text{et} \quad \frac{7{,}937}{0{,}645}=12{,}304.$$

La composition en poids est de 0,399 d'eau et 0,601 d'acide nitrique, ou 0,0443 hydrogène, 0,1570 azote, 0,7987 oxigène. On en déduit pour le nombre affinitaire

$$0{,}0443.3{,}409+0{,}157.1{,}172+0{,}7987.0{,}214=0{,}151+0{,}184+0{,}171=0{,}506.$$

Le cube en est 0,130, nombre qui entre dans 12,304 près de 95 fois; La division indiquée par là serait intermédiaire entre 64 et 128; admettant celle en 64 comme pour les deux composés précédents, on aurait pour le volume moléculaire, d'après la densité du composé $\frac{12{,}304}{64}=0{,}192$ au lieu de 0,130, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}192}=0{,}576$ au lieu de 0,506. Ainsi ce nouveau degré d'hydratation se produirait encore sans division ultérieure de la molécule appartenant aux premiers degrés.

Les composés binaires et ternaires que nous venons de parcourir pour l'application de nos principes relatifs au calcul de leur volume moléculaire, et de leur nombre affinitaire sont les plus simples et les plus connus pour lesquels on ait déterminé avec quelque exactitude la densité, et par là le volume atomique immédiat, soit des composants, soit des composés eux-mêmes à l'état solide ou liquide, ou pour lesquels le nombre affinitaire de ceux des composants qu'on n'a pu obtenir dans l'un de ces états puisse être déduit de leur pouvoir neutralisant, tel que je l'ai établi dans mon Mémoire de 1835 sur ces pouvoirs.

Les constitutions des molécules auxquelles nous avons été conduits par cette application, savoir les divisions ou réunions d'atomes que nous avons dû y admettre, se sont trouvées présenter en général, et abstraction faite de quelques-uns de ces composés pour lesquels nous avons laissé en suspens le système de division à adopter, une certaine analogie relativement aux corps de composition atomique semblable, et ayant quelqu'un de leurs composants commun; et les écarts entre les nombres affinitaires ou les volumes moléculaires des composés, déduits de leur densité, d'après cette constitution, et ceux calculés par leur composition, en partant des nombres affinitaires des composants, se sont trouvés assez peu considérables, eu égard aux irrégularités mêmes que nos principes admettent dans cette application, et aux erreurs possibles des observations, pour justifier la validité de ces principes dans les limites de précision que nous leurs attribuons.

§ 2.ème

Détermination plus exacte du point de la neutralité, et du nombre affinitaire de l'oxigène en prenant celui de l'or pour unité, par la considération des divers composés.

Ayant ainsi établi, d'après les nombres affinitaires approchés des différens corps simples déduits de leur densité à l'état solide ou liquide, les systèmes de division à admettre, le plus probablement, dans les

molécules de plusieurs de leurs composés binaires ou ternaires, nous pourrions nous servir, comme nous l'avons déjà remarqué dans l'Introduction, des nombres affinitaires déduits de la densité de ces composés, selon les systèmes de division que nous leur avons attribués, pour en calculer réciproquement, en combinant deux à deux ou trois à trois les équations qu'ils nous fournissent, les nombres affinitaires, et les volumes atomiques de leurs composants, et rectifier ainsi par des moyennes prises entre les différentes valeurs données par ces différentes combinaisons, les nombres que nous avions trouvés pour ces composants, d'après leur densité à l'état libre. Mais les composés binaires dont on voudrait combiner ainsi les équations deux à deux, ne devraient contenir que deux substances, c'est-à-dire être formés des mêmes substances en proportion différente, et les composés binaires et ternaires dont on combinerait les équations trois à trois ne devraient contenir entre tous que trois éléments différents, en diverses proportions, ce qui rend très-borné le nombre de combinaisons dont on pourrait disposer pour cet usage. Il faudrait d'après cela, pour avoir un nombre suffisant de déterminations pour chaque substance, réunir aussi à ces équations celles fournies par les substances élémentaires mêmes, ou ce qui revient au même introduire dans celles données par les composés les valeurs des nombres affinitaires de quelques-uns de leurs composants, tels que nous les avons déduits de leur densité à l'état libre, de manière à corriger ces valeurs les unes par les autres. Or, parmi les composés que nous avons rassemblés sous ce point de vue dans la section précédente, la plus part renferment une ou plusieurs des substances simples, que nous ne possédons pas isolément dans l'état solide ou liquide, et pour lesquelles nous n'avons pu en conséquence déterminer le nombre affinitaire que par la comparaison que nous avons faite dans le premier Mémoire de la série des nombres affinitaires des corps simples déduits de la densité avec la série des pouvoirs neutralisants de quelques-une d'entr'eux, tels que je les avais fixés par des considérations purement chimiques dans mon Mémoire de 1835 sur les pouvoirs neutralisants.

Ce sont donc les valeurs des nombres affinitaires ainsi déterminés, qu'il faudrait introduire dans les équations fournies par les composés, pour diminuer le nombre des inconnues autant que possible dans la combinaison de ces équations, et obtenir ainsi un nombre suffisant de résultats particuliers. Mais ces déterminations sont elles-mêmes affectées

de deux causes générales d'inexactitude, d'après la manière dont nous y sommes parvenus; l'une est l'incertitude de la position précise du point de la neutralité dans l'échelle des nombres affinitaires, position que nous n'avons fixée qu'approximativement en prenant un point intermédiaire entre deux des substances les plus rapprochées de part et d'autre de ce point, le chlore et le carbone; l'autre regarde la valeur du nombre affinitaire de l'oxigène, qui est lui-même une de ces substances inconnues à l'état solide ou liquide, valeur que nous n'avons déterminée que par la comparaison du pouvoir neutralisant d'un seul corps relativement à celui négatif de l'oxigène pris pour unité, savoir du pouvoir du potassium, avec son volume atomique à l'état libre.

Il faut donc chercher à rectifier d'abord ces deux éléments du calcul, et par là les déterminations des nombres affinitaires des substances dont on connait le pouvoir neutralisant, à fin de pouvoir introduire ensuite ces nombres dans les équations dont nous avons parlé. Or c'est ce à quoi on peut parvenir en faisant concourir à la détermination de ces éléments les différentes équations qu'on peut déduire de la considération de ceux des composés rassemblés dans la première section, qui ne renferment que des composants dont les pouvoirs neutralisants sont connus, et peuvent être employés à calculer les pouvoirs neutralisants des composés mêmes. Il ne s'agit pour cela que de combiner deux à deux ces équations en y regardant comme deux inconnues les valeurs du nombre affinitaire de l'oxigène, et de celui repondant au point de la neutralité, valeurs qui sont renfermées explicitement ou implicitement dans ces équations; et prendre ensuite des moyennes entre les valeurs fournies par ces différentes combinaisons.

En effet, selon nos principes, le pouvoir neutralisant d'un composé en prenant pour unité le pouvoir négatif de l'oxigène peut être calculé par une règle d'alliage dès qu'on connait sa composition en poids, et les pouvoirs neutralisants des composants, de même que le nombre affinitaire d'un composé se déduit par une règle semblable des nombres affinitaires de ses composants (1); et d'un autre côté la comparaison

(1) Je dois renvoyer pour l'établissement de ces principes, et pour la détermination des pouvoirs neutralisants particuliers des corps, dont je fais usage ici, à mon Mémoire plusieurs fois cité, lu à l'Académie de Turin en 1835, et dont j'ai donné l'extrait dans les *Annales de Chimie et de*

de la densité avec le poids de l'atome des divers composés que nous avons considérés dans la section précédente nous a donné le volume moléculaire, et par là le nombre affinitaire de chacun de ces composés, en prenant pour unité le nombre affinitaire de l'or, du moins d'après les suppositions qui nous ont paru les plus probables sur la division de l'atome chimique de ces composés pour former leur molécule à l'état solide ou liquide. Désignons donc par a le pouvoir neutralisant d'un de ces composés, déduit des pouvoirs neutralisants de ses composants, et par b le nombre affinitaire de ce même composé, tel que nous l'avons trouvé dans la première section d'après son volume moléculaire, dans les suppositions indiquées; et soient x le nombre affinitaire à déterminer de l'oxigène, en prenant pour unité, comme nous l'avons fait jusqu'ici, le nombre affinitaire de l'or, et y le nombre affinitaire répondant au point de la neutralité, exprimé dans la même unité. La distance de l'oxigène au point de la neutralité dans l'échelle des nombres affinitaires, et dans cette même unité sera $y-x$, et celle du composé dans la même échelle sera $b-y$; or ces deux distances sont entr'elles comme les pouvoirs neutralisants respectifs de l'oxigène et du composé,

---

Physique, avril 1836. On y prend essentiellement pour base l'idée de l'antagonisme acide ou alcalin, ou de la qualité plus ou moins électro-négative, ou électro-positive, qui préside aux combinaisons des différens corps entr'eux, telle que BERTHOLLET l'a admise, et que BERZELIUS l'a toujours soutenue, en ayant égard aussi a l'influence des masses, sur laquelle BERTHOLLET a particulièrement insisté. J'ai cru devoir seulement y ajouter la considération que cet antagonisme doit dépendre d'une qualité générale, par rapport à laquelle les différens corps forment une série unique, étant basiques ou acides selon qu'ils se trouvent au-dessus ou au-dessous d'un point particulier de cette échelle qu'on a appelé le *point de la neutralité*, de même que la température des corps est regardée comme positive ou négative selon qu'elle est au-dessus ou au-dessous du point qu'on a pris pour zéro dans l'échelle thermométrique; et c'est cette qualité générale que j'ai désignée par le nom de *nombre affinitaire*. Quelques chimistes ont considéré dans ces derniers temps comme contraires à ces idées les faits sur lesquels est fondée la *théorie des substitutions*, d'après lesquels il paraîtrait que des substances de nombre affinitaire très-différent peuvent se remplacer mutuellement dans des corps de composition atomique analogue, sans que le caractère de ces corps, qu'on a appelés des *types*, en soit essentiellement changé; mais je ferai remarquer que si ces composés ont en effet plusieurs propriétés communes, cela ne s'étend pas en général à la nature et au degré de leur action sur les papiers réactifs, du moins au-delà des limites tenant à la disposition des molécules, et que j'avais déjà reconnues dans mon Mémoire cité; et il est bien connu que des corps de même composition atomique, ou appartenant à un même type peuvent être acides, ou neutres, ou alcalins selon la nature et les proportions en poids des différents corps élémentaires qui entrent dans leur composition.

dont le premier est pris pour unité des autres pouvoirs neutralisants ; on aura donc la proportion

$$a : 1 :: b - y : y - x \ ,$$

ou l'équation

$$y - x = \frac{b - y}{a} \ ,$$

de laquelle on déduit

$$x = \frac{y(a+1) - b}{a} \ ,$$

ou

$$y = \frac{ax + b}{a+1} \ .$$

Au reste la relation exprimée par cette équation entre le nombre affinitaire de l'oxigène, et celui repondant au point de la neutralité, peut nous être fournie non seulement par un composé, mais aussi par un quelconque des corps simples, pour lequel on connaisse à la fois le nombre affinitaire, et le pouvoir neutralisant.

Chacun des corps, composés ou simples, pour lesquels on ait cette connaissance pourrait donc nous conduire à la valeur de l'une des inconnues x, ou y lorsque l'autre serait supposée connue, c'est-à-dire pourrait nous faire connaître le pouvoir neutralisant de l'oxigène lorsque la position du point de la neutralité serait donnée, et réciproquement.

C'est ainsi qu'en partant du pouvoir neutralisant et du nombre affinitaire du potassium, nous en avons déduit dans le premier Mémoire le nombre affinitaire de l'oxigène 0,214, en admettant pour le nombre affinitaire répondant à la neutralité la valeur 0,866, telle que nous l'avions établie par approximation, comme intermédiaire entre le nombre affinitaire du chlore et celui du carbone; et nous en aurions pu en tirer également une détermination du point de neutralité, en supposant que le nombre affinitaire de l'oxigène nous eût été connu d'ailleurs.

Mais en considérant maintenant deux substances différentes pour lesquelles on connaisse a et b, en en aura deux équations semblables entre x et y, par la combinaison des quelles on pourra déterminer à la fois l'une et l'autre de ces inconnues. Et en effet nous avons déjà vu dans le premier Mémoire qu'en considérant à la fois les pouvoirs neutralisants, et les nombres affinitaires du potassium, et de quelqu'un

des autres corps simples, comme le carbone, le soufre, et le chlore, on pouvait en tirer différentes déterminations de la position du point de la neutralité, sans faire usage du nombre affinitaire de l'oxigène donné par le calcul relatif au potassium, et il est facile de voir par ce que nous venons de dire, que cela renfermait implicitement autant de déterminations différentes de ce nombre affinitaire de l'oxigène. Nous ne nous sommes pas cependant appuyés sur ces résultats, parce que les corps simples dont nous pouvions faire usage pour cet objet étaient trop peu nombreux, et quelques-uns trop rapprochés du point de la neutralité, pour que les valeurs moyennes qu'on en aurait tirées méritassent une grande confiance. Mais maintenant que nous pouvons disposer pour ce calcul, outre des corps simples, d'un nombre assez considérable de corps composés, nous pouvons exécuter le calcul dont il s'agit par les différens corps simples ou composés pris deux à deux, et avoir ainsi par leurs indications réunies des valeurs plus exactes de ces deux éléments. C'est ce que nous nous proposons de faire dans cette section.

Pour cela nous commencerons par rassembler les équations fournies par les différents corps simples ou composés, pour lesquels a et b nous sont connus, savoir a ou le pouvoir neutralisant par la détermination que nous avons faite du pouvoir neutralisant de leurs composants dans le Mémoire de 1835, et b ou le nombre affinitaire par sa connexion avec leur volume moléculaire d'après ce que nous avons dit quant aux corps simples dans le premier Mémoire, et quant aux corps composés dans la première section de celui-ci; équations renfermant chacune les deux inconnues qu'il s'agit de déterminer. Les valeurs des pouvoirs neutralisants des substances simples, établies dans le Mémoire de 1835, d'où on déduit celles des composés qui en sont formés, par une règle d'alliage d'après leur composition en poids, sont pour l'oxigène -1, pour le chlore $-0{,}15$, pour le carbone $+0{,}06$, pour le soufre $+0{,}22$, pour l'azote $+0{,}47$, pour l'hydrogène $+3{,}9$, comme nous l'avons déjà rappelé dans le premier Mémoire. Ces valeurs et celles qu'on en déduit pour les pouvoirs neutralisants des corps composés par la règle indiquée sont introduites dans les équations avec les signes qui leur sont propres, ainsi que celles des nombres affinitaires pour les différentes substances; et il en résulte les relations suivantes entre x et y.

Substances simples.

Carbone : $a = 0{,}06$, $b = 0{,}873$;

$$x = \frac{y \cdot 1{,}06 - 0{,}873}{0{,}06} = y \cdot 17{,}667 - 14{,}550 .$$

Soufre : $a = 0{,}22$, $b = 0{,}919$;

$$x = \frac{y \cdot 1{,}22 - 0{,}919}{0{,}22} = y \cdot 5{,}545 - 4{,}177 .$$

Chlore : $a = -0{,}15$, $b = 0{,}849$;

$$x = \frac{y(1 - 0{,}15) - 0{,}849}{-0{,}15} = \frac{y \cdot 0{,}850 - 0{,}849}{-0{,}15} = -y \cdot 5{,}667 + 5{,}660 .$$

Potassium : $a = 0{,}67$, $b = 1{,}303$;

$$x = \frac{y \cdot 1{,}67 - 1{,}303}{0{,}67} = y \cdot 2{,}492 - 1{,}945 .$$

Substances oxigénées.

Eau : $a = 0{,}111 \cdot 3{,}9 - 0{,}889 = 0{,}433 - 0{,}889 = -0{,}456$,

$b = 0{,}624$, calculé d'après la densité de la glace 0,9 ;

$$x = \frac{y(1 - 0{,}456) - 0{,}624}{-0{,}456} = \frac{y \cdot 0{,}544 - 0{,}624}{-0{,}456} = -y \cdot 1{,}193 + 1{,}368 .$$

Si l'on prend pour b le nombre affinitaire de l'eau calculé d'après sa densité à l'état liquide, savoir $b = 0{,}602$, on aura

$$x = -y \cdot 1{,}193 + \frac{0{,}602}{0{,}456} = -y \cdot 1{,}193 + 1{,}320 .$$

Péroxide d'hydrogène:

$$a = 0{,}059 . 3{,}9 - 0{,}941 = 0{,}230 - 0{,}941 = -0{,}711 ,$$

$$b = 0{,}413 ;$$

$$x = \frac{y(1-0{,}711) - 0{,}413}{-0{,}711} = \frac{y . 0{,}289 - 0{,}413}{-0{,}711} = -y . 0{,}406 + 0{,}581 .$$

Acide sulfureux:

$$a = 0{,}5 . 0{,}22 - 0{,}5 = 0{,}11 - 0{,}50 = -0{,}39 ,$$

$$b = 0{,}644 ;$$

$$x = \frac{y(1-0{,}39) - 0{,}644}{-0{,}39} = \frac{y . 0{,}61 - 0{,}644}{-0{,}39} = -y . 1{,}564 + 1{,}651 .$$

Acide sulfurique anhydre:

$$a = 0{,}22 . 0{,}4 - 0{,}6 = 0{,}088 - 0{,}600 = -0{,}512 ,$$

$b = 0{,}623$, en admettant la division de l'atome en 16;

$$x = \frac{y(1-0{,}512) - 0{,}623}{-0{,}512} = \frac{y . 0{,}488 - 0{,}623}{-0{,}512} = -y . 0{,}953 + 1{,}217 .$$

Acide carbonique:

$$a = 0{,}273 . 0{,}06 - 0{,}727 = 0{,}016 - 0{,}727 = -0{,}711 ,$$

$b = 0{,}511$, en admettant la division de l'atome en 32;

$$x = \frac{y(1-0{,}711) - 0{,}511}{-0{,}711} = \frac{y . 0{,}289 - 0{,}511}{-0{,}711} = -y . 0{,}406 + 0{,}719 .$$

Acide hyponitrique:

$$a = 0{,}303 . 0{,}47 - 0{,}697 = 0{,}142 - 0{,}697 = -0{,}555 ,$$

$b = 0{,}578$, en admettant la division en 16;

$$x = \frac{y(1-0{,}555) - 0{,}697}{-0{,}555} = \frac{y . 0{,}445 - 0{,}697}{-0{,}555} = -y . 0{,}802 + 1{,}256 .$$

Substances sulfurées.

Acide sulfhydrique ou hydrogène sulfuré :

$$a = 0{,}942 . 0{,}22 + 0{,}058 . 3{,}9 = 0{,}207 + 0{,}226 = 0{,}433 ,$$

$b = 1{,}222$, en admettant la division en 2 ;

$$x = \frac{y . 1{,}433 - 1{,}222}{0{,}433} = y . 3{,}309 - 2{,}822 .$$

Carbure de soufre ou sulfide carbonique :

$$a = 0{,}16 . 0{,}06 + 0{,}84 . 0{,}22 = 0{,}010 + 0{,}185 = 0{,}195 ,$$

$b = 0{,}898$, en admettant la division en 8 ;

$$x = \frac{y . 1{,}195 - 0{,}898}{0{,}195} = y . 6{,}128 - 4{,}605 .$$

Chlorures.

Chlorure de potassium :

$$a = 0{,}525 . 0{,}67 - 0{,}475 . 0{,}15 = 0{,}352 - 0{,}071 = 0{,}281 ,$$

$b = 1{,}233$, selon l'un des systèmes de division que nous avons proposés ;

$$x = \frac{y . 1{,}281 - 1{,}233}{0{,}281} = y . 4{,}559 - 4{,}388 .$$

Selon l'autre système de division on aurait $b = 0{,}978$, ce qui donnerait

$$x = y . 4{,}559 - \frac{0{,}978}{0{,}281} = y . 4{,}559 - 3{,}480 .$$

Chlorure d'ammonium, ou sel ammoniac :

$$a = 0{,}0746 . 3{,}9 + 0{,}2644 . 0{,}47 - 0{,}661 . 0{,}15$$
$$= 0{,}291 + 0{,}124 - 0{,}099 = 0{,}415 - 0{,}099 = 0{,}316 ,$$

$b = 1{,}203$, en admettant la division de l'atome en 4 ;

$$x = \frac{y . 1{,}316 - 1{,}203}{0{,}316} = y . 4{,}165 - 3{,}811 .$$

Ammoniaque.

$$a = 0{,}825 . 0{,}47 + 0{,}175 . 3{,}9 = 0{,}388 + 0{,}682 = 1{,}070 ,$$

$$b = 1{,}635 ;$$

$$x = \frac{y . 2{,}070 - 1{,}635}{1{,}07} = y . 1{,}935 - 1{,}528 .$$

Oxysels.

Carbonate de potasse :

$$a = 0{,}565 . 0{,}67 + 0{,}087 . 0{,}06 - 0{,}348$$
$$= 0{,}379 + 0{,}005 - 0{,}348 = 0{,}036 ,$$

$$b = 0{,}905 ;$$

$$x = \frac{y . 1{,}036 - 0{,}905}{0{,}036} = y . 28{,}778 - 25{,}139 .$$

Sulfate de potasse :

$$a = 0{,}449 . 0{,}67 - 0{,}367 + 0{,}184 . 0{,}22 = 0{,}301 - 0{,}367 + 0{,}040$$
$$= 0{,}341 - 0{,}367 = - 0{,}026 ,$$

$$b = 0{,}929 ;$$

$$x = \frac{y(1 - 0{,}026) - 0{,}929}{- 0{,}026} = \frac{y . 0{,}974 - 0{,}929}{- 0{,}026} = - y . 37{,}46 + 35{,}73 .$$

Sulfate d'eau :

$$a = 0{,}0203 . 3{,}9 - 0{,}6521 + 0{,}3276 . 0{,}22 = 0{,}079 - 0{,}652 + 0{,}072$$
$$= 0{,}151 - 0{,}652 = - 0{,}501 ,$$

$$b = 0{,}545 ;$$

$$x = \frac{y(1 - 0{,}501) - 0{,}545}{- 0{,}501} = \frac{y . 0{,}499 - 0{,}545}{- 0{,}501} = - y . 0{,}996 + 1{,}088 .$$

Sulfate d'eau hydraté:

$$a = 0{,}0344 . 3{,}9 - 0{,}6889 + 0{,}2767 . 0{,}22 = 0{,}134 - 0{,}689 + 0{,}061$$
$$= 0{,}195 - 0{,}689 = - 0{,}494 ,$$
$$b = 0{,}582 ;$$
$$x = \frac{y(1 - 0{,}494) - 0{,}582}{- 0{,}494} = \frac{y . 0{,}506 - 0{,}582}{- 0{,}494} = - y . 1{,}024 + 1{,}178 .$$

Nitrate de potasse:

$$a = 0{,}386 . 0{,}67 + 0{,}140 . 0{,}47 - 0{,}474$$
$$= 0{,}259 + 0{,}066 - 0{,}474 = - 0{,}149 ,$$
$$b = 0{,}839 ;$$
$$x = \frac{y(1 - 0{,}149) - 0{,}839}{- 0{,}149} = \frac{y . 0{,}851 - 0{,}839}{- 0{,}149} = - y . 5{,}711 + 5{,}631 .$$

Nitrate d'ammoniaque:

$$a = 0{,}353 . 0{,}47 + 0{,}050 . 3{,}9 - 0{,}597$$
$$= 0{,}166 + 0{,}195 - 0{,}597 = 0{,}361 - 0{,}597 = - 0{,}236 ,$$
$$b = 0{,}824 , \text{ en admettant la division en 16 ;}$$
$$x = \frac{y(1 - 0{,}236) - 0{,}824}{- 0{,}236} = \frac{y . 0{,}764 - 0{,}824}{- 0{,}236} = - y . 3{,}237 + 3{,}491 .$$

Nitrate d'eau ou premier hydrate d'acide nitrique:

$$a = 0{,}0158 . 3{,}9 - 0{,}7602 + 0{,}224 . 0{,}47$$
$$= 0{,}062 - 0{,}760 + 0{,}105 = 0{,}167 - 0{,}760 = - 0{,}593 ,$$
$$b = 0{,}500 ;$$
$$x = \frac{y(1 - 0{,}593) - 0{,}500}{- 0{,}593} = \frac{y . 0{,}407 - 0{,}500}{- 0{,}593} = - y . 0{,}686 + 0{,}843 .$$

Deuxième hydrate d'acide nitrique :

$$a = 0{,}0276 . 3{,}9 - 0{,}776 + 0{,}196 . 0{,}47$$
$$= 0{,}108 - 0{,}776 + 0{,}092 = 0{,}200 - 0{,}776 = -0{,}576 ,$$
$$b = 0{,}527 ;$$
$$x = \frac{y(1 - 0{,}576) - 0{,}527}{-0{,}576} = \frac{y . 0{,}424 - 0{,}527}{-0{,}576} = -y . 0{,}736 + 0{,}915 .$$

Troisième hydrate d'acide nitrique :

$$a = 0{,}0443 . 3{,}9 - 0{,}7987 + 0{,}157 . 0{,}47$$
$$= 0{,}173 - 0{,}799 + 0{,}074 = 0{,}247 - 0{,}799 = -0{,}552 ,$$
$$b = 0{,}576 ;$$
$$x = \frac{y(1 - 0{,}552) - 0{,}576}{-0{,}552} = \frac{y . 0{,}448 - 0{,}576}{-0{,}552} = -y . 0{,}812 + 1{,}043 .$$

Il s'agit maintenant de combiner ces équations deux à deux, pour en déduire les valeurs moyennes des deux inconnues x et y, savoir le nombre affinitaire de l'oxigène, et celui repondant au point de la neutralité. La manière qui paraîtrait s'offrir comme la plus rigoureuse, pour obtenir les résultats les plus probables à cet égard, serait celle de les combiner toutes ensemble par la méthode des moindres carrés des erreurs, méthode qui s'applique en général à tous les cas où l'on a un nombre d'observations plus grand que celui des inconnues qu'on doit déterminer par leur moyen. Mais cette méthode suppose que les erreurs des observations aient pour toutes une influence égale sur la détermination des inconnues, et c'est ce qui n'a pas lieu dans notre cas particulier. Il est clair en effet que la combinaison de deux de ces équations, relatives à des corps simples ou composés, qui diffèrent peu entr'eux en pouvoir neutralisant de même signe, c'est-à-dire dans leur distance au point de la neutralité, et du même côté de ce point, est peu propre au but proposé, la moindre erreur, ou le moindre écart de ces corps, relativement à la loi qui est supposée lier entr'eux leurs nombres affinitaires, et leurs pouvoirs neutralisants, pouvant occasionner de très-grandes différences dans la position du point de la neutralité, et dans la valeur du nombre affinitaire

de l'oxigène qu'on en déduit; et les combinaisons de ce genre faisant partie des équations définitives formées par la méthode des moindres carrés introduiraient dans les déterminations fournies par cette méthode une cause d'inexactitude, de laquelle l'exclusion de ces combinaisons les aurait préservées. Il faut donc faire un choix entre les combinaisons, et alors il ne se présente d'autre moyen de les employer, que de tirer séparément de chacune d'elles les valeurs des deux inconnues qu'il s'agit de déterminer, et de prendre les moyennes de touts les résultats ainsi obtenus; c'est de cette manière que nous allons procéder dans la recherche dont il s'agit.

Les combinaisons des équations ci-dessus, deux à deux, les plus propres à fournir les valeurs des inconnues x et y qui y sont contenues sont celles des corps qui ont un pouvoir neutralisant considérable soit positif, soit négatif avec celles des corps qui ont un pouvoir neutralisant un peu grand de signe opposé aux premiers, ou bien de ceux qui ont un petit pouvoir soit positif, soit négatif, savoir qui sont peu distants du point de la neutralité, qu'il s'agit de fixer avec plus de précision dans l'échelle des nombres affinitaires; en sorte que les deux substances dont on combine les équations offrent entre elles, dans cette même échelle, une distance un peu considérable.

Les substances qui ont un pouvoir positif ou négatif plus ou moins remarquable, entre celles que nous avons considérées ci-dessus, sont, parmi les positives, le soufre, le potassium, le carbure de soufre, et l'ammoniaque, et parmi les négatives, le chlore, l'eau, le péroxide d'hydrogène, l'acide sulfureux, l'acide hyponitrique, le sulfate d'eau, le même hydraté, le nitrate d'ammoniaque, le nitrate d'eau, ou premier hydrate d'acide nitrique, les deux autres hydrates de cet acide. Il faut donc combiner de préférence les équations fournies par les corps de la première de ces deux classes avec ceux de la seconde, ou bien aussi les unes et les autres avec celles des substances les plus rapprochées de la neutralité, telles que le carbone, le carbonate de potasse, le sulfate de potasse, le nitrate de potasse.

J'exclus de ces combinaisons les substances pour lesquelles nous sommes restés dans quelque doute sur le système de division, et par là sur le nombre affinitaire à leur attribuer, d'après leurs densités, comme les chlorures de potassium et d'ammonium, l'acide sulfhydrique, l'acide sulfurique anhydre, l'acide carbonique.

Je crois au reste devoir m'occuper d'abord séparément, parmi ces différentes combinaisons, de celles fournies par les corps dont les densités ont été déterminées à l'état solide, comme étant immédiatement comparables avec la plu part des corps simples qui ont fait l'objet du premier Mémoire, et en particulier avec l'or, dont nous avons pris le nombre affinitaire pour unité de ceux de tous les autres corps. Et voici le détail de ces combinaisons, et de leurs résultats; pour chacune d'elles on a égalé entr'elles les valeurs de x rapportées plus haut, fournies par les équations relatives à deux des corps employés, et on en a déduit la valeur de y, qu'on a substitué ensuite dans l'une de ces mêmes équations, pour en obtenir la valeur de x correspondante.

Soufre et eau à l'état de glace

$$y.5{,}545-4{,}177=-y.1{,}193+1{,}368\ ,$$

ou

$$y(5{,}545+1{,}193)=1{,}368+4{,}177\ ,$$

$$y.6{,}738=5{,}545\ ,$$

d'où

$$y=\frac{5{,}545}{6{,}738}=0{,}823\ ;$$

et

$$x=-0{,}823.1{,}193+1{,}368=-0{,}982+1{,}368=0{,}386\ .$$

Soufre et nitrate d'ammoniaque

$$y.5{,}545-4{,}177=-y.3{,}237+3{,}491\ ,$$

ou

$$y(5{,}545+3{,}237)=3{,}491+4{,}177\ ,$$

$$y.8{,}782=7{,}668\ ,$$

d'où

$$y=\frac{7{,}668}{8{,}782}=0{,}873\ ;$$

$$x=0{,}873.5{,}545-4{,}177=4{,}841-4{,}177=0{,}664\ .$$

Soufre et carbone

$$y.5{,}545 - 4{,}177 = y.17{,}667 - 14{,}550 ,$$

$$y(17{,}667 - 5{,}545) = 14{,}550 - 4{,}177 ,$$

$$y.12{,}122 = 10{,}373 ,$$

d'où

$$y = \frac{10{,}373}{12{,}122} = 0{,}856 ;$$

$$x = 0{,}856.5{,}545 - 4{,}177 = 4{,}747 - 4{,}177 = 0{,}570 .$$

Soufre et carbonate de potasse

$$y.5{,}545 - 4{,}177 = y.28{,}778 - 25{,}139 ,$$

$$y(28{,}778 - 5{,}545) = 25{,}139 - 4{,}177 ,$$

$$y.23{,}233 = 20{,}962 ,$$

d'où

$$y = \frac{20{,}962}{23{,}233} = 0{,}902 ;$$

$$x = 0{,}902.5{,}545 - 4{,}177 = 5{,}002 - 4{,}177 = 0{,}825 .$$

Soufre et sulfate de potasse

$$y.5{,}545 - 4{,}177 = -y.37{,}46 + 35{,}73 .$$

$$y(5{,}545 + 37{,}46) = 35{,}73 + 4{,}177 ,$$

$$y.43{,}005 = 39{,}907 ,$$

d'où

$$y = \frac{39{,}907}{43{,}005} = 0{,}928 ;$$

$$x = 0{,}928.5{,}545 - 4{,}177 = 5{,}146 - 4{,}177 = 0{,}969 .$$

Soufre et nitrate de potasse

$$y.5{,}545 - 4{,}177 = -y.5{,}711 + 5{,}631 ,$$

$$y(5{,}545 + 5{,}711) = 5{,}631 + 4{,}177 ,$$

$$y.11{,}256 = 9{,}808 ,$$

d'où

$$y = \frac{9{,}808}{11{,}256} = 0{,}871 ;$$

$$x = 0{,}871.5{,}545 - 4{,}177 = 4{,}830 - 4{,}177 = 0{,}653 .$$

Potassium et soufre.

Les équations relatives à ces deux substances peuvent être combinées entr'elles pour notre objet, quoique elles aient toutes deux un pouvoir neutralisant positif, dont le moindre est encore un peu grand, parceque la différence dans le degré de ce pouvoir est néanmoins assez considérable.

$$y.2{,}492 - 1{,}945 = y.5{,}545 - 4{,}177 ,$$

$$y(5{,}545 - 2{,}492) = 4{,}177 - 1{,}945 ,$$

$$y.3{,}053 = 2{,}232 ,$$

d'où

$$y = \frac{2{,}232}{3{,}053} = 0{,}731 ,$$

conformément à ce que nous avions déjà trouvé dans le Mémoire précédent (note au § II). De là

$$x = 0{,}731.2{,}492 - 1{,}945 = 1{,}822 - 1{,}945 = -0{,}123 ,$$

résultat négatif, et par là inadmissible en lui-même, mais qu'on pourra néanmoins essayer de faire entrer dans le calcul de la valeur moyenne du nombre affinitaire de l'oxigène.

Potassium et carbone

$$y.2{,}492 - 1{,}945 = y.17{,}667 - 14{,}550 ,$$

$$y(17{,}667 - 2{,}492) = 14{,}550 - 1{,}945 ,$$

$$y.15{,}175 = 12{,}605 ,$$

$$y = \frac{12{,}605}{15{,}175} = 0{,}831 ;$$

$$x = 0{,}831.2{,}492 - 1{,}945 = 2{,}071 - 1{,}945 = 0{,}126 .$$

Potassium et eau (à l'état de glace)

$$y.2{,}492 - 1{,}945 = -y.1{,}193 + 1{,}368 ,$$

$$y(2{,}492 + 1{,}193) = 1{,}945 + 1{,}368 ,$$

$$y.3{,}685 = 3{,}313 ,$$

$$y = \frac{3{,}313}{3{,}685} = 0{,}899 ;$$

$$x = 0{,}899.2{,}492 - 1{,}945 = 2{,}240 - 1{,}945 = 0{,}295 .$$

Potassium et carbonate de potasse

$$y.2{,}492 - 1{,}945 = y.28{,}778 - 25{,}139 .$$

$$y(28{,}778 - 2{,}492) = 25{,}139 - 1{,}945 ,$$

$$y.26{,}286 = 23{,}194 ,$$

$$y = \frac{23{,}194}{26{,}286} = 0{,}882 ;$$

$$x = 0{,}882.2{,}492 - 1{,}945 = 2{,}198 - 1{,}945 = 0{,}253 .$$

Potassium et sulfate de potasse

$$y.2{,}492 - 1{,}945 = -y.37{,}46 + 35{,}73 ,$$

$$y(37{,}46 + 2{,}492) = 35{,}73 + 1{,}945 ,$$

$$y.39{,}95 = 37{,}675 ,$$

$$y = \frac{37{,}675}{39{,}95} = 0{,}943 ;$$

$$x = 0{,}943.2{,}492 - 1{,}945 = 2{,}350 - 1{,}945 = 0{,}405$$

Potassium et nitrate de potasse

$$y.2{,}492 - 1{,}945 = -y.5{,}711 + 5{,}631 ,$$

$$y(5{,}711 + 2{,}492) = 5{,}631 + 1{,}945 ,$$

$$y.8{,}203 = 7{,}576 ,$$

$$y = \frac{7{,}576}{8{,}203} = 0{,}924 ;$$

$$x = 0{,}924.2{,}492 - 1{,}945 = 2{,}303 - 1{,}945 = 0{,}358 .$$

Potassium et nitrate d'ammoniaque

$$y.2{,}492 - 1{,}945 = -y.3{,}237 + 3{,}491 ,$$

$$y(2{,}492 + 3{,}237) = 3{,}491 + 1{,}945 ,$$

$$y.5{,}729 = 5{,}436 ,$$

$$y = \frac{5{,}436}{5{,}729} = 0{,}949 ;$$

$$x = 0{,}949.2{,}492 - 1{,}945 = 2{,}365 - 1{,}945 = 0{,}420 .$$

Eau (à l'état de glace) et nitrate d'ammoniaque.

Ces deux substances, quoique toutes deux notablement négatives, peuvent être employées ici, comme offrant à cet égard une différence assez considérable.

$$-y.\,1{,}193 + 1{,}368 = -y.\,3{,}237 + 3{,}491\ ,$$

$$y(3{,}237 - 1{,}193) = 3{,}491 - 1{,}368\ ,$$

$$y.\,2{,}044 = 2{,}123\ ,$$

$$y = \frac{2{,}123}{2{,}044} = 1{,}039\ ;$$

$$x = -1{,}039.\,1{,}193 + 1{,}368 = -1{,}240 + 1{,}368 = 0{,}128\ .$$

Eau à l'état de glace et carbone

$$-y.\,1{,}193 + 1{,}368 = y.\,17{,}667 - 14{,}550\ ,$$

$$y(17{,}667 + 1{,}193) = 1{,}368 + 14{,}550\ ,$$

$$y.\,18{,}860 = 15{,}918\ ,$$

$$y = \frac{15{,}918}{18{,}86} = 0{,}844\ ;$$

$$x = -0{,}844.\,1{,}193 + 1{,}368 = -1{,}007 + 1{,}368 = 0{,}361\ .$$

Eau à l'état de glace et carbonate de potasse

$$-y.\,1{,}193 + 1{,}368 = y.\,28{,}778 - 25{,}139\ ,$$

$$y(28{,}778 + 1{,}193) = 1{,}368 + 25{,}139\ ,$$

$$y.\,29{,}971 = 26{,}507\ ,$$

$$y = \frac{26{,}507}{29{,}971} = 0{,}884\ ;$$

$$x = -0{,}884.\,1{,}193 + 1{,}368 = -1{,}055 + 1{,}368 = 0{,}313\ .$$

Eau à l'état de glace et sulfate de potasse

$$-y.1,193+1,368=-y.37,46+35,73\ ,$$

$$y(37,46-1,193)=35,73-1,368\ ,$$

$$y.36,267=34,362\ ,$$

$$y=\frac{34,362}{36,267}=0,947\ ;$$

$$x=-0,947.1,193+1,368=-1,130+1,368=0,238\ .$$

Eau à l'état de glace et nitrate de potasse

$$-y.1,193+1,368=-y.5,711+5,631\ ,$$

$$y(5,711-1,193)=5,631-1,368\ ,$$

$$y.4,518=4,263\ ,$$

$$y=\frac{4,263}{4,518}=0,944\ ;$$

$$x=-0,944.1,193+1,368=-1,126+1,368=0,242\ .$$

Nitrate d'ammoniaque et carbone

$$-y.3,237+3,491=y.17,667-14,550\ ,$$

$$y(17,667+3,237)=3,491+14,550\ ,$$

$$y.20,904=18,041\ ,$$

$$y=\frac{18,041}{20,904}=0,863\ ;$$

$$x=-0,863.3,237+3,491=-2,794+3,491=0,697\ .$$

Nitrate d'ammoniaque et carbonate de potasse

$$-y.3,237+3,491=y.28,778-25,139\ ,$$

$$y(28,778+3,237)=3,491+25,139\ ,$$

$$y.32,015=28,630\ ,$$

$$y=\frac{28,630}{32,015}=0,894\ ;$$

$$x=-0,894.3,237+3,491=-2,894+3,491=0,597\ .$$

Nitrate d'ammoniaque et sulfate de potasse

$$-y.3,237+3,491=-y.37,46+35,73\ ,$$

$$y(37,46-3,237)=35,73-3,491\ ,$$

$$y.34,223=32,239\ ,$$

$$y=\frac{32,239}{34,223}=0,942\ ,$$

$$x=-0,942.3,237+3,491=-3,049+3,491=0,442\ .$$

Nitrate d'ammoniaque et nitrate de potasse

$$-y.3,237+3,491=-y.5,711+5,631\ ,$$

$$y(5,711-3,237)=5,631-3,491\ ,$$

$$y.2,474=2,140\ ,$$

$$y=\frac{2,140}{2,474}=0,865\ ;$$

$$x=-0,865.3,237+3,491=-2,800+3,491=0,691\ .$$

Nous avons ainsi, pour la détermination des quantités x et y, 22 combinaisons différentes, qui disposées par ordre relativement aux valeurs

de x, c'est-à-dire du nombre affinitaire de l'oxigène, nous présentent les résultats suivants; j'y ai mis à côté les différences entre les valeurs consécutives, pour qu'on puisse juger d'un coup d'œil de leur degré de proximité, ou de la grandeur de leur écart.

	Valeurs de x.	Différences.
Potassium et soufre	— 0,123	
		0,249.
Potassium et carbone	+ 0,126	
		0,002.
Eau et nitrate d'ammoniaque	0,128	
		0,010.
Eau et sulfate de potasse	0,238	
		0,004.
Eau et nitrate de potasse	0,242	
		0,011.
Potassium et carbonate de potasse	0,253	
		0,042.
Potassium et eau	0,295	
		0,018.
Eau et carbonate de potasse	0,313	
		0,045.
Potassium et nitrate de potasse	0,358	
		0,003.
Eau et carbone	0,361	
		0,025.
Soufre et eau	0,386	
		0,019.
Potassium et sulfate de potasse	0,405	
		0,015.
Potassium et nitrate d'ammoniaque	0,420	
		0,022.
Nitrate d'ammoniaque et sulfate de potasse	0,442	
		0,128.
Soufre et carbone	0,570	
		0,027.
Nitrate d'ammoniaque et carbonate de potasse	0,597	
		0,056.
Soufre et nitrate de potasse	0,653	
		0,011.
Soufre et nitrate d'ammoniaque	0,664	
		0,027.
Nitrate d'ammoniaque et nitrate de potasse	0,691	
		0,006.
Nitrate d'ammoniaque et carbone	0,697	
		0,128.
Soufre et carbonate de potasse	0,825	
		0,144.
Soufre et sulfate de potasse	0,969	

La moyenne de toutes ces différentes valeurs de x serait 0,432; mais la première de ces valeurs, celle négative $-0,123$, fournie par la combinaison potassium et soufre, doit évidemment être exclue, comme s'écartant beaucoup plus que les autres de cette moyenne, ainsi qu'on le voit par la différence très-considérable 0,249 entr'elle, et la plus petite des autres $+0,126$; et les deux dernières valeurs, les plus grandes de toutes, 0,825 et 0,969 doivent aussi être exclues comme excessives, la première d'entr'elles différant de la plus élevée des autres de 0,128, et la seconde de la première de 0,144; ce sont celles fournies par les combinasions soufre et carbonate de potasse, soufre et sulfate de potasse. En écartant ces trois combinaisons, la moyenne des 19 valeurs restantes se trouve être 0,412, un peu moindre que la précedente 0,432; mais parmi les différences qui régnent entre les valeurs données par ces 19 combinaisons, il y en a encore une notablement plus grande que les autres; c'est celle de 0,128 entre les valeurs fournies par la combinaison nitrate d'ammoniaque et sulfate de potasse, et par celle soufre et carbone, et la valeur 0,570 que donne cette dernière combinaison est d'ailleurs assez distante en plus de la moyenne 0,412, pour nous déterminer à écarter encore cette combinaison du calcul de la moyenne, avec toutes les autres qui la suivent, et qui donnent des valeurs encore plus fortes. Alors les combinaisons à employer se réduisent à 13, et elles donnent, pour valeur moyenne de x, 0,305; c'est la valeur que nous croyons pouvoir adopter pour le nombre affinitaire de l'oxigène, comme l'approximation la plus probable donnée par la réunion de toutes les substances solides que nous avons considérées; cette valeur est comme on voit un peu supérieure à celle 0,214, que nous avions admise dans le premier Mémoire par la seule considération du pouvoir neutralisant du potassium comparé avec sa densité, et en fixant par une autre approximation le point de la neutralité. Il est remarquable au reste que les combinaisons que nous avons exclues du calcul précédent, comme donnant des résultats trop éloignés des autres, sont en général celles fournies par des substances où la différence de pouvoir neutralisant est moins considérable, et qui par là doivent être moins propres à fournir un résultat exact pour cette détermination.

Quant à y, ou au nombre affinitaire répondant à la neutralité, les valeurs qu'en donnent les 22 combinaisons ci-dessus, disposées par ordre de grandeur, sont les suivantes :

	Valeurs de y.	Différences.
Potassium et soufre	0,731	
		0,092.
Soufre et eau	0,823	
		0,002.
Soufre et carbonate de potasse	0,825	
		0,006.
Potassium et carbone	0,831	
		0,013.
Eau et carbone	0,844	
		0,012.
Soufre et carbone	0,856	
		0,007.
Nitrate d'ammoniaque et carbone	0,863	
		0,002.
Nitrate d'ammoniaque et nitrate de potasse	0,865	
		0,006.
Soufre et nitrate de potasse	0,871	
		0,002.
Soufre et nitrate d'ammoniaque	0,873	
		0,009.
Potassium et carbonate de potasse	0,882	
		0,002.
Eau et carbonate de potasse	0,884	
		0,010.
Nitrate d'ammoniaque et carbonate de potasse	0,894	
		0,005.
Potassium et eau	0,899	
		0,003.
Soufre et carbonate de potasse	0,902	
		0,022.
Potassium et nitrate de potasse	0,924	
		0,018.
Nitrate d'ammoniaque et sulfate de potasse	0,942	
		0,001.
Potassium et sulfate de potasse	0,943	
		0,001.
Eau et nitrate de potasse	0,944	
		0,003.
Eau et sulfate de potasse	0,947	
		0,002.
Potassium et nitrate d'ammoniaque	0,949	
		0,090.
Eau et nitrate d'ammoniaque	1,039	

La moyenne de ces 22 valeurs est 0,888; les deux valeurs extrêmes 0,731 et 1,039 doivent être écartées du calcul, comme s'éloignant beaucoup plus que les autres de cette moyenne, ainsi que le montrent les différences 0,092 et 0,090; mais en les écartant on trouve encore que la moyenne des 20 valeurs restantes est 0,888, l'exclusion de ces valeurs extrêmes ayant à-très-peu-près une influence égale en sens contraire; et comme d'ailleurs les autres différences entre les valeurs consécutives n'offrent pas des écarts très-considérables, nous pouvons adopter ce nombre 0,888 pour le nombre affinitaire du point de la neutralité, au lieu de celui 0,866, d'ailleurs peu différent, que nous avions admis provisoirement dans le premier Mémoire.

Je n'ai employé dans cette détermination du nombre affinitaire de l'oxigène, et de la position du point de la neutralité, ainsi que je l'ai annoncé, que des substances à l'état solide, comme comparables immédiatement avec l'or, dont j'ai pris le nombre affinitaire pour unité, et avec la plupart des corps simples que j'ai considérés dans le premier Mémoire. J'ai cru néanmoins intéressant de reconnaître jusqu'à quel point les valeurs des mêmes quantités qu'on déduirait de l'emploi des substances liquides pour le même but, s'accorderaient avec celles fournies par les substances solides, et je présente ici les résultats de ce calcul, tout-à-fait analogue au précédent, au moyen des combinaisons deux à deux des équations fournies par les différents corps liquides, et que j'ai regardées ci-dessus comme propres à cet usage.

Carbure de soufre et chlore

$$y.6{,}128 - 4{,}605 = -y.5{,}667 + 5{,}660 ,$$

$$y(6{,}128 + 5{,}667) = 5{,}660 + 4{,}605 ,$$

$$y.11{,}795 = 10{,}265 ,$$

$$y = \frac{10{,}265}{11{,}795} = 0{,}870 ;$$

$$x = 0{,}870.6{,}128 - 4{,}605 = 5{,}331 - 4{,}605 = 0{,}726 .$$

Carbure de soufre et eau liquide

$$y.6,128-4,605=-y.1,193+1,320\ ,$$

$$y(6,128+1,193)=1,320+4,605\ ,$$

$$y.7,321=5,925\ ,$$

$$y=\frac{5,925}{7,321}=0,809\ ;$$

$$x=0,809.6,128-4,605=4,958-4,605=0,353\ .$$

Carbure de soufre et péroxide d'hydrogène

$$y.6,128-4,605=-y.0,406+0,581\ ,$$

$$y(6,128+0,406)=0,581+4,605\ ,$$

$$y.6,534=5,186\ ,$$

$$y=\frac{5,186}{6,534}=0,794\ ;$$

$$x=0,794.6,128-4,605=4,866-4,605=0,261\ .$$

Carbure de soufre et acide sulfureux

$$y.6,128-4,605=-y.1,564+1,651\ ,$$

$$y(6,128+1,564)=1,651+4,605\ ,$$

$$y.7,692=6,256\ ,$$

$$y=\frac{6,256}{7,692}=0,814\ ;$$

$$x=0,814.6,128-4,605=4,988-4,605=0,383\ .$$

Carbure de soufre et acide hyponitrique

$$y.6,128 - 4,605 = -y.0,802 + 1,256 ,$$

$$y(6,128 + 0,802) = 1,256 + 4,605 ,$$

$$y.6,930 = 5,861 ,$$

$$y = \frac{5,861}{6,930} = 0,846 ;$$

$$x = 0,846.6,128 - 4,605 = 5,184 - 4,605 = 0,579 .$$

Carbure de soufre et sulfate d'eau

$$y.6,128 - 4,605 = -y.0,996 + 1,088 ,$$

$$y(6,128 + 0,996) = 1,088 + 4,605 ,$$

$$y.7,124 = 5,693 ,$$

$$y = \frac{5,693}{7,124} = 0,799 ;$$

$$x = 0,799.6,128 - 4,605 = 4,896 - 4,605 = 0,291 .$$

Carbure de soufre et sulfate d'eau hydraté

$$y.6,128 - 4,605 = -y.1,024 + 1,178 ,$$

$$y(6,128 + 1,024) = 1,178 + 4,605 ,$$

$$y.7,152 = 5,783 ,$$

$$y = \frac{5,783}{7,152} = 0,809 ;$$

$$x = 0,809.6,128 - 4,605 = 4,958 - 4,605 = 0,353 .$$

R. Università di Torino
ISTITUTO DI FISICA

Carbure de soufre et premier hydrate d'acide nitrique

$$y.6,128 - 4,605 = -y.0,686 + 0,843 ,$$

$$y(6,128 + 0,686) = 0,843 + 4,605 ,$$

$$y.6,814 = 5,448 ,$$

$$y = \frac{5,448}{6,814} = 0,800 ;$$

$$x = 0,8.6,128 - 4,605 = 4,902 - 4,605 = 0,297 .$$

Carbure de soufre et deuxième hydrate d'acide nitrique

$$y.6,128 - 4,605 = -y.0,736 + 0,915 ,$$

$$y(6,128 + 0,736) = 0,915 + 4,605 ,$$

$$y.6,864 = 5,520 ,$$

$$y = \frac{5,520}{6,864} = 0,804 ;$$

$$x = 0,804.6,128 - 4,605 = 4,927 - 4,605 = 0,322 .$$

Carbure de soufre et troisième hydrate d'acide nitrique

$$y.6,128 - 4,605 = -y.0,812 + 1,043 ,$$

$$y(6,128 + 0,812) = 1,043 + 4,605 ,$$

$$y.6,940 = 5,648 ,$$

$$y = \frac{5,648}{6,940} = 0,814 ;$$

$$x = 0,814.6,128 - 4,605 = 4,988 - 4,605 = 0,383 .$$

Ammoniaque et chlore

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.5{,}667 + 5{,}660 ,$$

$$y(1{,}935 + 5{,}667) = 5{,}660 + 1{,}528 ,$$

$$y.7{,}602 = 7{,}188 ,$$

$$y = \frac{7{,}188}{7{,}602} = 0{,}946 ;$$

$$x = 0{,}946.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}831 - 1{,}528 = 0{,}303$$

Ammoniaque et eau liquide

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.1{,}193 + 1{,}320 ,$$

$$y(1{,}935 + 1{,}193) = 1{,}320 + 1{,}528 ,$$

$$y.3{,}128 = 2{,}848 ,$$

$$y = \frac{2{,}848}{3{,}128} = 0{,}910 ;$$

$$x = 0{,}91.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}761 - 1{,}528 = 0{,}233 .$$

Ammoniaque et péroxide d'hydrogène

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.0{,}406 + 0{,}581 ,$$

$$y(1{,}935 + 0{,}406) = 0{,}581 + 1{,}528 ,$$

$$y.2{,}341 = 2{,}109 ,$$

$$y = \frac{2{,}109}{2{,}341} = 0{,}901 ;$$

$$x = 0{,}901.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}743 - 1{,}528 = 0{,}215 .$$

Ammoniaque et acide sulfureux

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.1{,}564 + 1{,}651 ,$$

$$y(1{,}935 + 1{,}564) = 1{,}651 + 1{,}528 ,$$

$$y.3{,}499 = 3{,}179 ,$$

$$y = \frac{3{,}179}{3{,}499} = 0{,}909 ;$$

$$x = 0{,}909.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}759 - 1{,}528 = 0{,}231 .$$

Ammoniaque et acide hyponitrique

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.0{,}802 + 1{,}256 ,$$

$$y(1{,}935 + 0{,}802) = 1{,}256 + 1{,}528 ,$$

$$y.2{,}737 = 2{,}784 ,$$

$$y = \frac{2{,}784}{2{,}737} = 1{,}017 ;$$

$$x = 1{,}017.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}968 - 1{,}528 = 0{,}440 .$$

Ammoniaque et sulfate d'eau

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.0{,}996 + 1{,}088 ,$$

$$y(1{,}935 + 0{,}996) = 1{,}088 + 1{,}528 ,$$

$$y.2{,}931 = 2{,}616 ,$$

$$y = \frac{2{,}616}{2{,}931} = 0{,}893 ;$$

$$x = 0{,}893.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}728 - 1{,}528 = 0{,}200 .$$

Ammoniaque et sulfate d'eau hydraté

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.1{,}024 + 1{,}178 ,$$

$$y(1{,}935 + 1{,}024) = 1{,}178 + 1{,}528 ,$$

$$y.2{,}959 = 2{,}706 ,$$

$$y = \frac{2{,}706}{2{,}959} = 0{,}914 ;$$

$$x = 0{,}914.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}769 - 1{,}528 = 0{,}241 .$$

Ammoniaque et premier hydrate d'acide nitrique

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.0{,}686 + 0{,}843 ,$$

$$y(1{,}935 + 0{,}686) = 0{,}843 + 1{,}528 ,$$

$$y.2{,}621 = 2{,}371 ,$$

$$y = \frac{2{,}371}{2{,}621} = 0{,}905 ;$$

$$x = 0{,}905.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}751 - 1{,}528 = 0{,}223 .$$

Ammoniaque et deuxième hydrate d'acide nitrique

$$y.1{,}935 - 1{,}528 = -y.0{,}736 + 0{,}915 ,$$

$$y(1{,}935 + 0{,}736) = 0{,}915 + 1{,}528 ,$$

$$y.2{,}671 = 2{,}443 ,$$

$$y = \frac{2{,}443}{2{,}671} = 0{,}915 ;$$

$$x = 0{,}915.1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}771 - 1{,}528 = 0{,}243 .$$

Ammoniaque et troisième hydrate d'acide nitrique

$$y \cdot 1{,}935 - 1{,}528 = -y \cdot 0{,}812 + 1{,}043 ,$$

$$y(1{,}935 + 0{,}812) = 1{,}043 + 1{,}528 ,$$

$$y \cdot 2{,}747 = 1{,}571 ,$$

$$y = \frac{2{,}571}{2{,}747} = 0{,}936 ;$$

$$x = 0{,}936 \cdot 1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}811 - 1{,}528 = 0{,}283 .$$

Ammoniaque et carbure de soufre.

La combinaison des équations fournies par ces deux substances, quoique toutes deux positives, peut être essayée, à cause de la différence considérable qu'elles présentent entre elles par rapport à cette qualité.

$$y \cdot 1{,}935 - 1{,}528 = y \cdot 6{,}128 - 4{,}605 ,$$

$$y(6{,}128 - 1{,}935) = 4{,}605 - 1{,}528 ,$$

$$y \cdot 4{,}193 = 3{,}077 ,$$

$$y = \frac{3{,}077}{4{,}193} = 0{,}734 ;$$

$$x = 0{,}734 \cdot 1{,}935 - 1{,}528 = 1{,}420 - 1{,}528 = -0{,}108 .$$

Chlore et eau liquide

Cette combinaison peut encore être employée, ainsi que toutes celles du chlore, avec les autres substances d'un pouvoir négatif notablement plus considérable que le sien.

$$-y \cdot 5{,}667 + 5{,}660 = -y \cdot 1{,}193 + 1{,}320 ,$$

$$y(5{,}667 - 1{,}193) = 5{,}660 - 1{,}320 ,$$

$$y \cdot 4{,}474 = 4{,}340 ;$$

$$y = \frac{4{,}340}{4{,}474} = 0{,}970 ;$$

$$x = -0{,}97 \cdot 5{,}667 + 5{,}660 = -5{,}497 + 5{,}660 = 0{,}163 .$$

Chlore et péroxide d'hydrogène

$$-y.5,667+5,660=-y.0,406+0,581\ ,$$

$$y(5,667-0,406)=5,660-0,581\ ,$$

$$y.5,261=5,079\ ,$$

$$y=\frac{5,079}{5,261}=0,965\ ;$$

$$x=-0,965.5,667+5,660=-5,469+5,660=0,191$$

Chlore et acide sulfureux

$$-y.5,667+5,660=-y.1,564+1,651\ ,$$

$$y(5,667-1,564)=5,660-1,651\ ,$$

$$y.4,103=4,009\ ,$$

$$y=\frac{4,009}{4,103}=0,977\ ;$$

$$x=-0,977.5,667+5,660=-5,537+5,660=0,123\ .$$

Chlore et acide hyponitrique

$$-y.5,667+5,660=-y.0,802+1,256\ ,$$

$$y(5,667-0,802)=5,660-1,256\ ,$$

$$y.4,865=4,404\ ,$$

$$y=\frac{4,404}{4,865}=0,905\ ;$$

$$x=-0,905.5,667+5,660=-5,129+5,660=0,531\ .$$

Chlore et sulfate d'eau

$$-y.5{,}667+5{,}660=-y.0{,}996+1{,}088\ ,$$

$$y(5{,}667-0{,}996)=5{,}660-1{,}088\ ,$$

$$y.4{,}671=4{,}572\ ;$$

$$y=\frac{4{,}572}{4{,}671}=0{,}979\ ;$$

$$x=-0{,}979.5{,}667+5{,}660=-5{,}548+5{,}660=0{,}112\ .$$

Chlore et sulfate d'eau hydraté

$$-y.5{,}667+5{,}660=-y.1{,}024+1{,}178\ ,$$

$$y(5{,}667-1{,}024)=5{,}660-1{,}178\ ,$$

$$y.4{,}643=4{,}482\ ,$$

$$y=\frac{4{,}482}{4{,}643}=0{,}965\ ;$$

$$x=-0{,}965.5{,}667+5{,}660=-5{,}469+5{,}660=0{,}191\ .$$

Chlore et premier hydrate d'acide nitrique

$$-y.5{,}667+5{,}660=-y.0{,}686+0{,}843\ ,$$

$$y(5{,}667-0{,}686)=5{,}660-0{,}843\ ,$$

$$y.4{,}981=4{,}817\ ,$$

$$y=\frac{4{,}817}{4{,}981}=0{,}967\ ;$$

$$x=-0{,}967.5{,}667+5{,}660=-5{,}480+5{,}660=0{,}180\ .$$

Chlore et deuxième hydrate d'acide nitrique

$$-y.5{,}667+5{,}660=-y.0{,}736+0{,}915\ ,$$

$$y(5{,}667-0{,}736)=5{,}660-0{,}915\ ,$$

$$y.4{,}931=4{,}745\ ;$$

$$y=\frac{4{,}745}{4{,}931}=0{,}962\ ;$$

$$x=-0{,}962.5{,}667+5{,}660=-5{,}452+5{,}660=0{,}208\ .$$

Chlore et troisième hydrate d'acide nitrique

$$-y.5{,}667+5{,}660=-y.0{,}812+1{,}043\ ,$$

$$y(5{,}667-0{,}812)=5{,}660-1{,}043\ ,$$

$$y.4{,}855=4{,}617\ ,$$

$$y=\frac{4{,}617}{4{,}855}=0{,}951\ ;$$

$$x=-0{,}951.5{,}667+5{,}660=-5{,}389+5{,}660=0{,}271\ .$$

Eau liquide et péroxide d'hydrogène.

Ces deux composés, tous deux négatifs, le sont cependant encore à un degré assez différent, pour être employés à notre objet.

$$-y.1{,}193+1{,}320=-y.0{,}406+0{,}581\ ,$$

$$y(1{,}193-0{,}406)=1{,}320-0{,}581\ ,$$

$$y.0{,}787=0{,}739\ ;$$

$$y=\frac{0{,}739}{0{,}787}=0{,}939\ ;$$

$$x=-0{,}939.1{,}193+1{,}320=-1{,}120+1{,}320=0{,}200\ .$$

Acide sulfureux et péroxide d'hydrogène.

Ces deux composés peuvent être encore employés par la même raison que les deux précédents.

$$-y.1{,}564+1{,}651=-y.0{,}406+0{,}581\ ,$$

$$y(1{,}564-0{,}406)=1{,}651-0{,}581\ ,$$

$$y.1{,}158=1{,}070\ ,$$

$$y=\frac{1{,}070}{1{,}158}=0{,}924\ ;$$

$$x=-0{,}924.1{,}564+1{,}651=-1{,}445+1{,}651=0{,}206\ .$$

Nous avons ainsi considéré 32 combinaisons d'équations fournies par des substances liquides, qui nous ont donné autant de valeurs des inconnues x et y. En disposant d'abord par ordre de grandeur les valeurs de x, et en marquant les différences de l'une à l'autre, nous avons :

	Valeurs de x.	Différences.
Ammoniaque et carbure de soufre	— 0,108	
		0,220.
Chlore et sulfate d'eau	+ 0,112	
		0,011.
Chlore et acide sulfureux	0,123	
		0,040.
Chlore et eau	0,163	
		0,017.
Chlore et premier hydrate d'acide nitrique	0,180	
		0,011.
Chlore et sulfate d'eau hydraté	0,191	
		0,000.
Chlore et péroxide d'hydrogène	0,191	
		0,009.
Ammoniaque et sulfate d'eau	0,200	
		0,000.
Eau et péroxide d'hydrogène	0,200	
		0,006.
Acide sulfureux et péroxide d'hydrogène	0,206	
		0,002.
Chlore et deuxième hydrate d'acide nitrique	0,208	
		0,007.
Ammoniaque et péroxide d'hydrogène	0,215	
		0,008.
Ammoniaque et premier hydrate d'acide nitrique	0,223	
		0,008.
Ammoniaque et acide sulfureux	0,231	
		0,002.
Ammoniaque et eau	0,233	
		0,008.
Ammoniaque et sulfate d'eau hydraté	0,241	
		0,002.
Ammoniaque et deuxième hydrate d'acide nitrique	0,243	
		0,018.
Carbure de soufre et péroxide d'hydrogène	0,261	
		0,010.
Chlore et troisième hydrate d'acide nitrique	0,271	
		0,013.
Ammoniaque et troisième hydrate d'acide nitrique	0,283	
		0,008.
Carbure de soufre et sulfate d'eau	0,291	
		0,006.
Carbure de soufre et premier hydrate d'acide nitrique	0,297	
		0,006.
Ammoniaque et chlore	0,303	
		0,019.
Carbure de soufre et deuxième hydrate d'acide nitrique	0,3 2	
		0,031.
Carbure de soufre et eau	0,353	
		0,000.
Carbure de soufre et sulfate d'eau hydraté	0,353	
		0,030.
Carbure de soufre et acide sulfureux	0,383	
		0,000.
Carbure de soufre et troisième hydrate d'acide nitrique	0,383	
		0,057.
Ammoniaque et acide hyponitrique	0,440	
		0,091.
Chlore et acide hyponitrique	0,531	
		0,048.
Carbure de soufre et acide hyponitrique	0,579	
		0,147.
Carbure de soufre et chlore	0,726	

Les deux résultats extrêmes, savoir le premier négatif — 0,108, et le dernier 0,726 doivent évidemment être rejetés du calcul de la moyenne comme s'éloignant des autres par un intervalle trop grand. La moyenne des 30 autres valeurs se trouve être 0,259. On pourrait peut-être écarter encore du calcul, comme s'éloignant de cette moyenne par un saut assez considérable comparativement à leurs voisines, d'un coté les deux valeurs plus petites 0,112 et 0,123, et de l'autre les trois plus grandes 0,440; 0,531 et 0,579; il resterait alors 25 valeurs dont la moyenne serait 0,239. C'est donc entre ces deux nombres 0,259 et 0,239 qu'on aurait à choisir pour la valeur la plus probable de x donnée par la considération des composés liquides; cette valeur serait ainsi peu différente de 0,25, et par là un peu moins considérable que celle que nous ont donné les combinaisons des équations fournies par les substances solides, qui est environ 0,30, et se rapprocherait de celle que nous avions adoptée pour première approximation dans le Mémoire sur les volumes moléculaires des corps simples, savoir 0,214.

En disposant de même par ordre de grandeur les valeurs de y données par ces 32 combinaisons fournies par les liquides, on en obtient la série suivante.

	Valeurs de y.	Différences.
Ammoniaque et carbure de soufre	0,734	
Carbure de soufre et péroxide d'hydrogène	0,794	0,060.
Carbure de soufre et sulfate d'eau	0,799	0,005.
Carbure de soufre et premier hydrate d'acide nitrique	0,800	0,001.
Carbure de soufre et deuxième hydrate d'acide nitrique	0,804	0,004.
Carbure de soufre et eau	0,809	0,005.
Carbure de soufre et sulfate d'eau hydraté	0,809	0,000.
Carbure de soufre et acide sulfureux	0,814	0,005.
Carbure de soufre et troisième hydrate d'acide nitrique	0,814	0,000.
Carbure de soufre et acide hyponitrique	0,846	0,032.
Carbure de soufre et chlore	0,870	0,024.
Ammoniaque et sulfate d'eau	0,893	0,023.
Ammoniaque et péroxide d'hydrogène	0,901	0,008.
Ammoniaque et premier hydrate d'acide nitrique	0,905	0,004.
Chlore et acide hyponitrique	0,905	0,000.
Ammoniaque et acide sulfureux	0,909	0,004.
Ammoniaque et eau	0,910	0,001.
Ammoniaque et sulfate d'eau hydraté	0,914	0,004.
Ammoniaque et deuxième hydrate d'acide nitrique	0,915	0,001.
Acide sulfureux et péroxide d'hydrogène	0,924	0,009.
Ammoniaque et troisième hydrate d'acide nitrique	0,936	0,012.
Eau et péroxide d'hydrogène	0,939	0,003.
Ammoniaque et chlore	0,946	0,007.
Chlore et troisième hydrate d'acide nitrique	0,951	0,005.
Chlore et deuxième hydrate d'acide nitrique	0,962	0,011.
Chlore et sulfate d'eau hydraté	0,965	0,003.
Chlore et péroxide d'hydrogène	0,965	0,000.
Chlore et premier hydrate d'acide nitrique	0,967	0,002.
Chlore et eau	0,970	0,003.
Chlore et acide sulfureux	0,977	0,007.
Chlore et sulfate d'eau	0,979	0,002.
Ammoniaque et acide hyponitrique	1,017	0,038.

Encore ici les deux résultats extrêmes 0,734, et 1,017 doivent évidemment être exclus du calcul de la moyenne; la moyenne des autres 30 est 0,896. On pourrait être tenté d'exclure encore la valeur 0,870, et toutes celles inférieures à ce nombre, ou du moins les valeurs 0,814 et au-dessous, comme étant séparées des autres plus grandes par des différences assez considérables, ce qui tendrait à élever un peu la nouvelle moyenne qu'on en tirerait; mais il faut remarquer que la valeur même 0,814 n'est distante en moins de la moyenne déjà calculée 0,896 que d'une quantité à-peu-près égale à celle dont la plus élevée des autres que nous avons retenues, savoir 0,979, en diffère en plus; il n'y a donc pas de raison suffisante pour cette exclusion, et on peut s'en tenir au nombre 0,896 comme indiqué le plus probablement par l'ensemble des observations relatives aux substances liquides, pour la valeur y du nombre affinitaire répondant au point de la neutralité. Cette valeur est un peu plus grande que celle 0,888 déduite de la considération des substances solides, qui l'était déjà un peu plus que celle que nous avions admise dans le 1.er Mémoire, 0,866; ainsi tandis que les combinaisons tirées des substances liquides tendent à diminuer le nombre affinitaire de l'oxigène tel qu'on le conclût de la considération des corps solides, elles tendent en revanche à élever dans l'échelle des nombres affinitaires le point de la neutralité, qui nous était donné par le calcul fondé sur les corps solides.

Peut-être ces différences entre les deux calculs ne sont elles qu'accidentelles, et dues à ce que le nombre des substances que nous avons employées, soit solides, soit liquides, est encore insuffisant pour donner une détermination tout-à-fait précise des deux éléments dont il s'agit; mais en tous cas nous croyons devoir nous en tenir, dans les applications qui doivent faire l'objet de la suite de ce Mémoire, aux résultats déduits des équations fournies par les corps solides, comme plus immédiatement comparables, ainsi que nous l'avons déjà remarqué, avec les nombres affinitaires des corps simples, la plupart solides, et avec l'unité que nous en avons adoptée.

Nous admettrons donc dans ces applications 0,888 pour le nombre affinitaire répondant au point de la neutralité, et 0,305 pour le nombre affinitaire de l'oxigène, en prenant pour unité celui de l'or, au lieu des nombres 0,866 pour le premier, et 0,214 pour le second que nous avions trouvé par une première approximation dans le précédent

Mémoire, et nous nous en servirons d'abord pour rectifier les nombres affinitaires des substances simples pour lesquelles nous connaissons le pouvoir neutralisant, de manière à les mettre d'accord avec ces pouvoirs, tels que nous les avons déjà employés pour la détermination du point de la neutralité, et du nombre affinitaire de l'oxigène, et que nous avons pris ainsi pour base de tous nos calculs ci-dessus.

Pour cela nous observerons que la distance de l'oxigène au point de la neutralité dans l'échelle des nombres affinitaires, en prenant pour unité celui de l'or, sera $0{,}888 - 0{,}305 = 0{,}583$; c'est cette distance qui sert d'unité aux pouvoirs neutralisants des différents corps simples, tels que nous les avons indiqués ci-dessus, d'après le Mémoire de 1835 sur ce sujet.

Ainsi le carbone ayant pour pouvoir neutralisant $+0{,}06$, c'est-à-dire étant élevé au-dessus du point de la neutralité à une distance qui est 0,06 de celle à laquelle l'oxigène se trouve au-dessous du même point, cette distance du carbone au point de la neutralité, exprimée dans l'unité à laquelle nous avons rapporté les nombres affinitaires, sera $0{,}06 . 0{,}583 = 0{,}035$, et son nombre affinitaire sera par conséquent $0{,}888 + 0{,}035 = 0{,}923$ au lieu de 0,873 que nous avions trouvé dans le premier Mémoire d'après la densité du diamant, ou de 0,905 qu'on avait en partant du pouvoir neutralisant 0,06, selon la position du point de la neutralité, et le nombre affinitaire de l'oxigène que nous avions alors provisoirement adoptés.

Le pouvoir neutralisant du soufre étant $+0{,}22$, on aura pour son nombre affinitaire

$$0{,}888 + 0{,}22 . 0{,}583 = 0{,}888 + 0{,}128 = 1{,}016 ,$$

au lieu de 0,919 donné par la densité du soufre, ou de 1,009 que nous avions obtenu de la considération du pouvoir neutralisant par les données suivies dans le premier Mémoire.

Le pouvoir neutralisant du chlore $-0{,}15$ nous donne pour son nombre affinitaire

$$0{,}888 - 0{,}15 . 0{,}583 = 0{,}888 - 0{,}087 = 0{,}801 ,$$

au lieu de 0,849 déduit de la densité du chlore liquide, ou de 0,768 que nous avions tiré de son pouvoir neutralisant dans notre première approximation.

D'après le pouvoir neutralisant de l'azote $+0{,}47$, on aura pour son nombre affinitaire

$$0{,}888 + 0{,}47 . 0{,}583 = 0{,}888 + 0{,}274 = 1{,}162 ,$$

au lieu de $1{,}172$ que nous avions déduit du même pouvoir neutralisant dans le premier Mémoire, au moyen des données y employées.

Le pouvoir neutralisant de l'hydrogène étant $+3{,}9$, son nombre affinitaire sera

$$0{,}888 + 3{,}9 . 0{,}582 = 0{,}888 + 2{,}274 = 3{,}162 ,$$

au lieu de $3{,}409$ trouvé dans le premier Mémoire d'après le même pouvoir neutralisant.

Enfin le pouvoir neutralisant du potassium $+0{,}67$ nous donne pour son nombre affinitaire

$$0{,}888 + 0{,}67 . 0{,}582 = 0{,}888 + 0{,}391 = 1{,}279 ,$$

au lieu de $1{,}303$ que nous avions admis dans le premier Mémoire.

En formant les cubes de ces nombres affinitaires, on aura les nombres que j'ai appelés coefficients moléculaires, ou les volumes moléculaires des mêmes substances, en prenant pour unité celui de l'or, volumes qu'on pourra comparer avec ceux déduits immédiatement de la densité de celles de ces substances qu'on a pu obtenir sous forme solide ou liquide, d'après la masse de la molécule qu'on peut leur attribuer en cet état.

Ainsi pour l'oxigène on aura le volume moléculaire $(0{,}305)^3 = 0{,}0284$ celui de l'or étant pris pour unité; en multipliant ce nombre par $0{,}645$ qui est le quotient de la molécule de l'or par sa densité, on aura $0{,}0185$ pour le quotient analogue relatif à l'oxigène, d'où il suit que si sa molécule à l'état solide était son atome chimique même qui est pris pour l'unité de l'atome de l'or, et des autres métaux, sa densité serait à l'état solide $\frac{1}{0{,}0185} = 54$ environ, la densité de l'eau étant prise pour unité; et en supposant même que cet atome se divisât en 4 pour former la molécule solide, la densité serait encore $13{,}5$, c'est-à-dire à-peu-près égale à celle du mercure liquide.

Pour le carbone nous aurons $(0{,}923)^3 = 0{,}786$; ce sera son volume

moléculaire en prenant celui de l'or pour unité ; cela nous donne $0,786.0,645 = 0,507$ pour le quotient de sa molécule par la densité ; si cette molécule était son atome chimique même 0,75, la densité devrait être $\frac{0,75}{0,507} = 1,48$, et si on suppose, comme nous l'avons fait dans le premier Mémoire, que dans le diamant la molécule est formée de deux de ces atomes, on aura pour la densité calculée du diamant $2.1,48 = 2,96$ ou environ 3, au lieu que celle observée est 3,45; il y aurait donc dans le diamant une condensation d'environ $\frac{1}{6}$, en dehors de la loi des coefficients électro-chimiques, relativement à l'or, et qui serait dûe à la constitution particulière de sa molécule.

Le volume moléculaire du soufre sera $(1,016)^3 = 1,049$; le quotient de la molécule par la densité $0,645.1,049 = 0,677$; et si sa molécule à l'état solide était son atome chimique même, à-très-peu-près $= 2$, cette densité serait $\frac{2}{0,677} = 2,954$. Dans le 1.er Mémoire nous avons admis, pour nous approcher du coefficient électro-chimique qu'on pouvait attribuer au soufre, que sa molécule à l'état solide n'était que la moitié de cet atome, ce qui nous avait donné le volume moléculaire 0,775, et par là le nombre affinitaire 0,919; mais maintenant que nous avons pour ce nombre la valeur 1,016, que nous avons raison de croire plus exacte d'après le pouvoir neutralisant du soufre, et la détermination plus précise que nous avons faite du point de la neutralité, et du nombre affinitaire de l'oxigène, si on retenait la même division de l'atome en 2 pour former la molécule, la densité calculée devrait être $\frac{2,954}{2} = 1,477$, c'est-à-dire environ $1\frac{1}{2}$ au lieu que la densité observée du soufre est environ 2. Les deux nombres seraient entr'eux comme 3 à 4, écart peut être trop grand pour être attribué aux simples irrégularités dues à des circonstances particulières dans la constitution de la molécule. On aurait plus de conformité à cet égard entre l'observation et le calcul en admettant, pour la formation de la molécule du soufre solide, un système que la constitution connue de la vapeur du soufre rend assez probable. On sait que la molécule gazeuse du soufre, d'après la densité de sa vapeur, est triple de son atome chimique ; il est naturel d'admettre que cette triplication se maintient au passage à l'état solide, mais que cette molécule triple subit en même temps une division en 4, qui la réduit

aux $\frac{3}{4}$ de l'atome chimique au lieu de la moitié. La densité calculée sera alors $\frac{3}{4}.2{,}954 = 2{,}215$, qui ne diffère de la densité observée 2 que d'environ un dixième en plus; écart très-compatible avec la nature de notre loi approximative. Réciproquement, si on prend les $\frac{3}{4}$ du volume atomique de soufre 1,550, que sa densité nous indiquerait en n'admettant point de division de l'atome chimique, comme on a vu dans le premier Mémoire, on a $\frac{3}{4}.1{,}55 = 1{,}162$ pour le coefficient du volume moléculaire du soufre, nombre qui ne diffère aussi que d'environ un dixième de celui que nous avons trouvé ici 1,049, et $\sqrt[3]{1{,}162} = 1{,}051$ pour son nombre affinitaire, nombre qui ne diffère que d'environ un 30^{e} de 1,016.

La supposition de la molécule solide du soufre égale aux $\frac{3}{4}$ de son atome chimique parait d'après cela préférable à celle de la division en 2 qui s'était d'abord présentée à nous comme la plus probable, en raison de sa simplicité. Si l'on avait employé pour le nombre affinitaire du soufre la valeur 1,051 à laquelle la densité du soufre conduit dans cette supposition, au lieu de celle 0,919 dont nous avons fait usage dans le § 1.^{er}, pour fixer le système de division à attribuer aux différents composés dont le soufre fait partie, on aurait trouvé pour ces composés des nombres affinitaires calculés un peu différents, mais non pas, comme il est facile de s'en assurer, en général, au point de conduire à un système différent de division, et quelquefois on aurait trouvé des nombres tels à satisfaire de plus près au système au quel nous nous sommes fixés, d'après la comparaison avec leur densité. Cette même valeur 1,051 introduite dans les formules, par lesquelles nous avons déterminé, au moyen de la comparaison des différents corps deux à deux, la position du point de la neutralité, et le nombre affinitaire de l'oxigène, nous aurait donné aussi des valeurs différentes de celles que nous avons trouvées pour ces deux éléments, par celles de ces comparaisons où entre le soufre libre; mais les erreurs qui devraient en résulter peuvent être considérées comme comprises dans les autres erreurs particulières des observations, et de l'application de notre loi, qui se compensent mutuellement dans les valeurs moyennes de ces mêmes éléments déduites de toutes les combinaisons de ce genre. On peut d'ailleurs observer que nous avons étés conduits à exclure du calcul de ces valeurs moyennes, celles de ces comparaisons contenant le soufre, qui par cette circonstance même se sont trouvées donner des résultats trop éloignés des

autres, en sorte que l'influence de celles que nous avons retenues, sur les moyennes, dans le système de la division de l'atome en 2, à dû demeurer fort peu considérable. Il est remarquable au reste que la constitution particulière de la molécule que nous venons d'admettre pour le soufre à l'état isolé ne se manifeste pas en général dans le système de division des molécules de ses composés, non plus que l'anomalie de la densité du gaz de soufre relativement à son atome chimique, ne se réproduit dans les gaz qui en sont composés, comme l'acide sulfureux etc.

Pour le chlore nous aurons le volume moléculaire $(0,801)^3 = 0,514$, et le quotient de la molécule par la densité sera $0,645 . 0,514 = 0,332$. Pour une molécule solide égale à son atome 2,21 on aurait en conséquence la densité $\frac{2,21}{0,332} = 6,657$; mais si l'on admet pour molécule, comme nous l'avons fait dans le 1.er Mémoire, le quart de l'atome chimique, cette densité se réduira à $\frac{6,657}{4} = 1,664$. La densité du chlore est selon l'observation de Faraday 1,33 à l'état liquide; il pourrait y avoir condensation au passage à l'état solide; mais quand même la densité resterait encore à-peu-près 1,33 dans cet état, les deux nombres calculé et observé ne différeraient entr'eux que dans le rapport de 5 à 4 environ, ce qu'on pourrait attribuer aux irrégularités dont notre loi est susceptible. On peut ajouter que l'observation même de Faraday ne parait devoir être regardée que comme approximative.

Pour l'azote on a $(1,162)^3 = 1,569$ pour coefficient moléculaire, et $0,645 . 1,569 = 1,012$. Son atome étant 0,885, sa densité à l'état solide, si sa molécule en cet état représentait cet atome même, serait $\frac{0,885}{1,012} = 0,875$.

Le nombre affinitaire 3,162 de l'hydrogène donne pour son volume moléculaire $(3,162)^3 = 31,61$ et $0,645 . 31,61 = 20,39$. Si donc il retenait à l'état solide pour molécule son atome 0,0625, sa densité devrait être $\frac{0,0625}{20,39} = 0,00306$, c'est-à-dire environ la 300.e partie seulement de celle de l'eau; on n'aurait des densités plus considérables qu'en admettant la réunion de plusieurs atomes en un seul pour former la molécule solide. J'ai déjà fait remarquer dans le premier Mémoire la

connexion de cette petite densité qui devrait appartenir à l'hydrogène à l'état solide ou liquide, avec des faits connus, tels que la grande légèreté de l'amalgame ammoniacal etc.

Le volume moléculaire du potassium, d'après son nombre affinitaire 1,279, est $(1,279)^3 = 2,092$, peu différent de 2,21 que nous avions déduit de sa densité dans le premier Mémoire; en effet on a $0,645 . 2,092 = 1,349$, et si nous retenons la supposition que nous avons faite, que sa molécule à l'état solide est le quart de l'atome 4,90 que lui attribue Berzelius, savoir est 1,225, quelque soit son véritable atome chimique, sa densité calculée sera $\frac{1,225}{1,349} = 0,908$ peu différente de sa densité observée 0,86.

Les nombres affinitaires de ces corps simples ainsi déduits de leurs pouvoirs neutralisants sont toujours rapportés à celui de l'or que nous avons pris pour unité des nombres affinitaires de toutes les autres substances; mais ils supposent dans leurs applications aux volumes moléculaires une constitution des corps solides, moyenne entre celles des différens corps que nous avons considérés pour établir le point de la neutralité, et le nombre affinitaire de l'oxigène.

Au reste, on peut aussi exprimer maintenant ces nombres dans une autre unité commune quelconque, et ainsi d'une manière indépendante du nombre affinitaire de l'or, leur unité primitive. On peut par exemple les rapporter au nombre affinitaire de l'oxigène pris pour unité, de même que nous avions exprimé leurs pouvoirs neutralisants positifs ou négatifs en parties du pouvoir neutralisant négatif de l'oxigène. Pour cela il n'y a qu'à diviser chacun des nombres affinitaires ci-dessus par celui même de l'oxigène 0,305. On en aura ainsi le tableau suivant, en y comprenant aussi le nombre affinitaire repondant au point de la neutralité :

Nombre affinitaire de l'oxigène ..... = 1,000

» du chlore ..... $\frac{0,801}{0,305} = 2,626$

» du point de la neutralité .. $\frac{0,888}{0,305} = 2,911$

» du carbone ..... $\frac{0,923}{0,305} = 3,026$

» du soufre ..... $\frac{1,016}{0,305} = 3,331$

» de l'azote ..... $\frac{1,162}{0,305} = 3,810$

» du potassium ..... $\frac{1,279}{0,305} = 4,193$

» de l'hydrogène ..... $\frac{3,162}{0,305} = 10,367.$

On pourrait aussi exprimer ces mêmes nombres affinitaires en prenant pour unité le nombre répondant au point de la neutralité 0,888. On aurait alors les nombres affinitaires

de l'oxigène ..... $\frac{0,305}{0,888} = 0,343$

du chlore ..... $\frac{0,801}{0,888} = 0,900$

du point de la neutralité ..... = 1,000

du carbone ..... $\frac{0,923}{0,888} = 1,039$

du soufre ..... $\frac{1,016}{0,888} = 1,144$

de l'azote ..... $\frac{1,162}{0,888} = 1,309$

du potassium ..... $\frac{1,279}{0,888} = 1,440$

de l'hydrogène ..... $\frac{3,162}{0,888} = 3,561$.

Mais dans quelque unité qu'on les exprime, le degré d'exactitude de ces nombres ne dépend plus que de celui qu'on peut attribuer aux valeurs des pouvoirs neutralisants que nous leur avons données pour base, et à l'approximation obtenue pour la position du point de la neutralité, et pour le nombre affinitaire de l'oxigène par la moyenne des résultats déduits des différentes substances que nous avons fait concourir à leur détermination.

§ 3.ème

Rectification des nombres affinitaires des divers corps simples d'après les densités de leurs composés.

Nous sommes maintenant en possession de valeurs que nous avons raison de croire assez approchées, des nombres affinitaires de différents corps simples qui entrent dans un grand nombre de composés formés par les autres substances, mais dont quelques-uns n'ont pas été observés isolés, à l'état solide ou liquide; et nous pouvons introduire ces valeurs dans les équations fournies par les divers corps composés où ces corps particuliers se trouvent réunis avec les autres corps simples, à fin d'avoir pour le nombre affinitaire de ces derniers des déterminations plus exactes que celles qu'on pouvait obtenir de la densité de chaque substance simple considérée isolement, et auxquelles nous nous étions arrêtés par une première approximation dans le Mémoire cité. Il ne faudra pour cela que prendre des moyennes entre les diverses valeurs qui seront données, pour chaque substance simple, par la combinaison des équations relatives a leurs divers composés, ainsi que nous l'avons annoncé au commencement du § précédent. Nous pourrons aussi par ce moyen chercher à écarter les incertitudes qui nous étaient restées sur le rang de quelques uns de ces corps simples dans l'échelle des nombres affinitaires, par leur considération à l'état isolé, et étendre notre recherche à quelques autres corps dont la densité à l'état isolé n'a pas encore été observée, mais dont on connait celle de plusieurs de leurs composés. Nous continuerons au reste à prendre

pour unité des nombres affinitaires celui de l'or, à fin que nos résultats soient immédiatement comparables avec ceux que nous avions déduits de la considération des corps simples isolés, sauf à les réduire ensuite, y compris celui de l'or même, à toute autre unité commune qui paraîtra plus convenable, telle que le nombre affinitaire de l'oxigène.

Dans cette vue nous commencerons à parcourir les différents composés dont nous avons déjà cherché dans le § 1.er à déterminer les systêmes de réunions ou divisions d'atomes, propres à satisfaire aux valeurs approchées des nombres affinitaires de leurs composants établies dans le 1.er Mémoire ; et retenant ces mêmes systèmes, ou fixant s'il est possible ceux sur lesquels nous avons suspendu notre jugement, et y introduisant les nombres affinitaires des sept substances oxigène, chlore, carbone, soufre, azote, potassium et hydrogène, tels que nous les avons déterminés dans le § précédent, nous en tirerons différentes valeurs des nombres affinitaires des autres substances qui en font partie. Ces composés ne contenant chacun qu'une des substances dont on cherche la valeur du nombre affinitaire, unie avec quelqu'une des sept substances dont nous venons de parler, et dont nous considérons maintenant les nombres affinitaires comme connus, les équations qui les régardent n'auront pas besoin de combinaison, ni entr'elles, ni avec celles fournies par les corps simples à l'état isolé, pour donner les valeurs dont il s'agit. Nous passerons ensuite à considérer quelques autres composés dont nous n'avons pas encore fait usage, et qui pourront nous donner soit d'autres valeurs des nombres affinitaires des corps simples déjà compris dans les composés précédents, soit celles des nombres appartenants à d'autres corps simples dont nous ne nous sommes pas encore occupés.

Parmi ces derniers composés les uns ne contenant encore qu'une seule substance dont le pouvoir neutralisant soit à déterminer fourniront des équations qui n'auront besoin, comme les précédentes, que d'être considérées chacune séparément; les autres renfermant deux ou plusieurs de ces substances ne pourront donner de résultats que par leur combinaison entr'elles, ou avec celles précédemment établies pour les corps simples, ou pour d'autres composés.

Et d'abord, quant aux composés dont nous avons déjà fait usage dans le § 1.er, en commençant par les oxides, nous avons vu que le volume moléculaire de l'oxide mercurique $Hg + O$ calculé par sa densité, et d'après la division en 2 que nous y avons admise pour

former la molécule solide, est 0,954, et par là son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,954} = 0,985$, nombre peu différent de celui calculé d'après sa composition en partant des nombres affinitaires du mercure et de l'oxigène que nous avions admis. Mais en faisant maintenant usage du nombre affinitaire de l'oxigène 0,305 établi dans le § précédent, nous pourrons réciproquement, d'après la composition en poids de cet oxide, en tirer une autre valeur du nombre affinitaire du mercure qui ne pourra pas s'éloigner beaucoup de celle que nous avions alors employée. En effet en appelant x cette valeur, la composition indiquée dans le § cité nous donnera, pour la déterminer, l'équation

$$x \,.\, 0,927 + 0,305 \,.\, 0,073 = 0,985 \ ,$$

ou

$$x \,.\, 0,927 + 0,022 = 0,985 \ ,$$

et par là

$$x = \frac{0,985 - 0,022}{0,927} = \frac{0,963}{0,927} = 1,039 \ ,$$

au lieu de 1,082 que nous avions déduit de la considération du mercure isolé, avec la densité que nous lui avons attribuée à l'état solide.

Pour l'oxide de plomb $Pb + O$ nous avions trouvé, d'après sa densité, en admettant aussi la division de l'atome en deux, le nombre affinitaire 1,050; par suite de sa composition en poids nous aurons, pour déterminer le nombre affinitaire x du plomb, l'équation

$$x \,.\, 0,928 + 0,305 \,.\, 0,072 = 1,050 \ ,$$

ou

$$x \,.\, 0,928 + 0,022 = 1,050 \ ,$$

d'où

$$x = \frac{1,050 - 0,022}{0,928} = \frac{1,028}{0,928} = 1,108 \ ,$$

au lieu de 1,207 que nous avait donné le plomb isolé; la différence est ici un peu plus considérable que pour le mercure.

Pour l'oxidule d'étain $Sn + O$ le nombre affinitaire que nous avons déduit de la densité, en supposant de même la division en 2, est 0,990; d'après sa composition en poids nous aurons

$$x.0{,}88+0{,}305.0{,}12=0{,}990\ ,$$

ou

$$x.0{,}88+0{,}037=0{,}990\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}990-0{,}037}{0{,}88}=\frac{0{,}953}{0{,}88}=1{,}083\ ,$$

pour le nombre affinitaire de l'étain ; l'étain à l'état isolé nous avait donné 1,161, nombre un peu plus grand.

Nous avons trouvé pour l'oxidule de mercure $2Hg+O$, en admettant la division en 4, le nombre affinitaire 1,013; sa composition nous donne, pour celui du mercure, l'équation

$$x.0{,}962+0{,}305.0{,}038=1{,}013\ ,$$

ou

$$x.0{,}962+0{,}012=1{,}013\ ,$$

d'où

$$x=\frac{1{,}013-0{,}012}{0{,}962}=\frac{1{,}001}{0{,}962}=1{,}040\ ,$$

nombre à-peu-près égal à celui que nous a donné l'oxide $Hg+O$.

L'oxide d'argent $Ag+O$ de Berzelius, mais qui serait selon nous $2Ag+O$, nous a donné, avec le même système de division que le précédent, le nombre affinitaire 0,909 ; on a ainsi d'après sa composition en poids, pour celui d'argent,

$$x.0{,}931+0{,}305.0{,}069=0{,}909\ ,$$

ou

$$x.0{,}931+0{,}021=0{,}909\ ,$$

et

$$x=\frac{0{,}909-0{,}021}{0{,}931}=\frac{0{,}888}{0{,}931}=0{,}954\ ,$$

nombre un peu inférieur à 1, c'est-à-dire au nombre affinitaire de l'or, au quel celui de l'argent avait été trouvé égal d'après sa densité à l'état métallique.

Le suroxide de plomb $Pb+O^2$, avec la division en 2 que nous y avons admise, nous a présenté le nombre affinitaire 1,080, et nous avons ainsi, d'après sa composition en poids,

$$x.0{,}866+0{,}305.0{,}134=1{,}080\ ,$$

ou

$$x.0{,}866+0{,}041=1{,}080\ ,$$

et

$$x=\frac{1{,}080-0{,}041}{0{,}866}=\frac{1{,}039}{0{,}866}=1{,}200\ ,$$

nombre affinitaire du plomb, fort peu différent de celui que nous avions déduit du metal isolé 1,207.

L'oxide d'étain $Sn+O^2$, avec le même système de division, nous a donné le nombre 1,021 ; on en tire, d'après sa composition, pour le nombre affinitaire x de l'étain, l'équation

$$x.0{,}786+0{,}305.0{,}214=1{,}021\ ,$$

ou

$$x.0{,}786+0{,}065=1{,}021\ ,$$

et

$$x=\frac{1{,}021-0{,}065}{0{,}786}=\frac{0{,}956}{0{,}786}=1{,}216\ ,$$

nombre un peu plus grand que celui déduit de l'étain métallique 1,161, au lieu que celui donné par l'oxidule $Sn+O$, 1,083 en était un peu moindre.

Pour l'oxide de cuivre $Cu+O$, en admettant la division en 2, nous avons trouvé le nombre affinitaire indiqué par sa densité égal à $\sqrt[3]{0{,}610}=0{,}848$. Sa composition nous donne d'après cela, pour la détermination de celui x du cuivre, l'équation

$$x.0{,}798+0{,}305.0{,}202=0{,}848\ ,$$

ou

$$x.0{,}798+0{,}062=0{,}848\ ,$$

et

$$x=\frac{0{,}848-0{,}062}{0{,}798}=\frac{0{,}786}{0{,}798}=0{,}985\ .$$

Ce nombre est beaucoup plus petit que 1,118 que nous a donné le cuivre métallique, et placerait le cuivre tout près de l'or et de l'argent dans la série électro-chimique, ce qui ne s'accorde pas avec ses propriétés. Mais d'un autre côté si nous n'admettions pas de division, supposition

d'ailleurs peu probable d'après l'analogie des autres oxides, le volume moléculaire indiqué par la densité de cet oxide serait $2.0{,}610 = 1{,}220$ dont la racine cubique 1,069 exprimerait son nombre affinitaire, et on en tirerait pour celui du cuivre

$$x = \frac{1{,}069 - 0{,}062}{0{,}798} = \frac{1{,}007}{0{,}798} = 1{,}262 ,$$

nombre qui s'écarte de 1,118 en plus à-peu près autant que 0,985 s'en écarte en moins ; c'est donc la division en 2 qui reste la plus probable, eu égard surtout à ce que le nombre 1,118 pour le cuivre est peut être lui-même excessif (1).

L'oxide de zinc $Zn + O$ est dans le même cas d'après ce que nous en avons déjà dit au § 1.er ; si on y admet la division en 2, on a pour le nombre affinitaire de l'oxide déduit de sa densité $\sqrt[3]{0{,}698} = 0{,}890$ et par là, pour la détermination du nombre x du zinc, l'équation

$$x . 0{,}801 + 0{,}305 . 0{,}199 = 0{,}890 ,$$

ou

$$x . 0{,}801 + 0{,}061 = 0{,}890 ,$$

et

$$x = \frac{0{,}890 - 0{,}061}{0{,}801} = \frac{0{,}829}{0{,}801} = 1{,}035 ,$$

nombre affinitaire du zinc, beaucoup plus petit que celui 1,213, déduit de sa densité à l'état métallique. Si on n'admettait pas de division on aurait au contraire, d'après le nombre affinitaire qui en résulterait pour l'oxide, comme il est facile de s'en assurer, un nombre qui serait à-peu-près autant au-dessus de 1,213 que 1,035 en est au-dessous. N'ayant pas ici les mêmes raisons que pour le cuivre de considérer

(1) Le nombre affinitaire 0,985 donné pour le cuivre par le calcul fondé sur la supposition de la division en 2, quoique trop petit en lui-même, s'accorderait de plus près avec le nombre 1,015 déduit de la densité du cuivre métallique dans l'hypothèse dont on a fait mention plus haut, que la molécule de celui-ci fût $\frac{3}{2}$ de son atome chimique ; c'est une conséquence de ce que nous avons déjà vu, que ce nombre 1,015 aurait donné pour l'oxide un nombre affinitaire, et par là un volume moléculaire qui s'accorderait assez bien avec celui déduit de la densité de l'oxide avec cette division en 2 ; cette hypothèse ne me semble cependant pas encore assez justifiée pour en faire usage ici.

comme excessif le nombre affinitaire déduit de la densité du métal, nous laisserons ce point indécis, et nous nous abstiendrons en conséquence de faire usage de ce composé pour la détermination du nombre affinitaire du zinc.

L'oxide de manganèse $Mn+O$ n'offre pas la même incertitude. Le nombre affinitaire indiqué par sa densité est, comme on a vu, 0,901, en admettant la division en 2, et sa composition nous donne, pour en déduire celui du manganèse,

$$x.0,776+0,305.0,224=0,901 ,$$

ou

$$x.0,776+0,068=0,901 ,$$

d'où

$$x=\frac{0,901-0,068}{0,776}=\frac{0,833}{0,776}=1,073 ,$$

nombre peu différent de 1,068 que nous a donné le manganèse métallique.

L'oxide inférieur de cuivre $2Cu+O$, en admettant la division en 2 de l'atome indiqué par cette formule, nous a donné pour son nombre affinitaire 1,063 ; il en résulte pour le nombre x du cuivre, d'après sa composition en poids, l'équation

$$x.0,888+0,305.0,112=1,063 ,$$

ou

$$x.0,888+0,034=1,063 ,$$

et par là

$$x=\frac{1,063-0,034}{0,888}=\frac{1,029}{0,888}=1,159 ,$$

nombre seulement un peu plus grand que 1,118 donné par le cuivre métallique. Cet oxide inférieur ne nous présente donc pas la même ambiguité que l'oxide supérieur $Cu+O$, sur le système de la division de son atome, et nous pourrons faire entrer cette valeur 1,159 dans le calcul de la moyenne du nombre affinitaire du cuivre (1).

(1) Nous avons vu, qu'en partant du nombre affinitaire du cuivre 1,015 donné par le cuivre

L'oxide de fer Fe^2+O^3 nous a donné pour son nombre affinitaire, d'après le poids atomique du fer jusqu'ici reçu, en y admettant la division de l'atome en 4, le nombre 0,898; sa composition en poids nous donnerait d'après cela, pour déterminer le nombre x du fer,

$$x.0{,}693+0{,}305.0{,}307=0{,}898\ ,$$

ou

$$x.0{,}693+0{,}094=0{,}898\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}898-0{,}094}{0{,}693}=\frac{0{,}804}{0{,}693}=1{,}160\ ,$$

nombre un peu plus grand que celui déduit du fer métallique 1,114. Mais d'après le nouveau poids atomique du fer nous avons trouvé pour le nombre affinitaire de cet oxide déduit de sa densité, dans la même supposition sur la constitution de sa molécule, 0,904. On aura en conséquence, pour déterminer le nombre affinitaire x du fer selon cette base du calcul, et selon la composition en poids qui en resulte,

$$x.0{,}7+0{,}305.0{,}3=x.0{,}7+0{,}091=0{,}904\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}904-0{,}091}{0{,}7}=\frac{0{,}813}{0{,}7}=1{,}161\ ,$$

nombre fort peu différent du précédent, et toujours un peu plus grand que celui 1,126 trouvé pour le fer métallique avec le nouvel atome.

L'oxide de cobalt, analogue au précédent du fer, Co^2+O^3, nous a donné par le même système de division le nombre affinitaire 0,903; et

---

métallique en supposant sa molécule $\frac{3}{2}$ de l'atome chimique, on était conduit pour l'oxide cuivreux $2Cu+O$ à une division intermédiaire, d'après laquelle la molécule de cet oxide serait $\frac{3}{8}$ de l'atome résultant immédiatement de sa formule, en sorte qu'on aurait eu pour le nombre affinitaire de l'oxide déduit de sa densité 0,966. On en tirerait pour le nombre affinitaire x du cuivre, d'après celui que nous attribuons ici à l'oxigène,

$$x=\frac{0{,}966-0{,}034}{0{,}888}=\frac{0{,}932}{0{,}888}=1{,}050\ ,$$

nombre un peu plus grand que 1,015. Mais je m'en tiens encore ici au résultat du texte.

sa composition en poids nous fournit d'après cela, pour le nombre x du cobalt, l'équation

$$x.0,711+0,305.0,289=0,903 ,$$

ou

$$x.0,711+0,088=0,903 ,$$

et

$$x=\frac{0,903-0,088}{0,711}=\frac{0,815}{0,711}=1,146 ,$$

au lieu de 1,104 que nous a donné le cobalt métallique.

Passons maintenant aux sulfures dont nous nous sommes déjà occupés dans le § 1.er

Le sulfure de mercure ou cinabre $Hg+S$ nous a offert, d'après sa densité, et en y admettant la division en 2, le nombre affinitaire 1,122. En attribuant au soufre le nombre affinitaire 1,016, tel que nous l'avons établi ci-dessus, on en déduit pour déterminer le nombre x du mercure, d'après la composition du sulfure en poids,

$$x.0,863+1,016.0,137=1,122 ,$$

ou

$$x.0,863+0,139=1,122 ,$$

et

$$x=\frac{1,122-0,139}{0,863}=\frac{0,983}{0,863}=1,139 .$$

Le sulfure de plomb analogue $Pb+S$, par le même système de division, s'est trouvé avoir le nombre affinitaire 1,154. On en tire, d'après sa composition en poids, pour le plomb,

$$x.0,865+1,016.0,135=1,154 ,$$

ou

$$x.0,865+0,137=1,154 ,$$

d'où

$$x=\frac{1,154-0,137}{0,865}=\frac{1,017}{0,865}=1,176 .$$

Pour le sulfure d'argent $Ag+S$ de Berzelius, ou selon nous $2Ag+S$, nous avons trouvé, en admettant la division en 4, le nombre affinitaire

0,951, et sa composition nous donne ainsi pour le nombre x de l'argent l'équation

$$x.0,87+1,016.0,13=0,951\ ,$$

ou

$$x.0,87+0,132=0,951\ ,$$

et

$$x=\frac{0,951-0,132}{0,87}=\frac{0,819}{0,87}=0,941\ .$$

Le sulfure cuivreux Cu^2+S nous a donné pour son nombre affinitaire, en y admettant la division de l'atome en 2, le nombre 1,116; on en tire, d'après sa composition en poids, pour le nombre x du cuivre, l'équation

$$x.0,8+1,016.0,2=1,116\ ,$$

ou

$$x.0,8+0,203=1,116\ ,$$

d'où

$$x=\frac{1,116-0,203}{0,8}=\frac{0,913}{0,8}=1,141\ ,$$

nombre assez rapproché de 1,118 que nous avions déduit de la densité du cuivre métallique, avec redoublement de l'atome, et de 1,159 que nous a donné le calcul par l'oxide cuivreux son analogue Cu^2+O. Ce sulfure ne nous présente donc pas, non plus que l'oxide cuivreux, l'anomalie que nous a présentée l'oxide cuivrique $Cu+O$ (1).

Pour le sulfure de zinc $Zn+S$ nous avons trouvé, en y appliquant la division de l'atome en 2, le nombre affinitaire 1,054;

(1) Le nombre affinitaire 1,015 pour le cuivre, déduit de l'autre hypothèse dont nous avons parlé plusieurs fois sur la molécule du cuivre métallique, nous avait conduit à admettre $\frac{3}{8}$ de l'atome chimique de ce sulfure, pour sa molécule, ce qui nous avait donné 1,014 pour le nombre affinitaire du sulfure, déduit de sa densité. On aurait dans cette hypothèse, pour le nombre affinitaire du cuivre,

$$x=\frac{1,014-0,203}{0,8}=\frac{0,811}{0,8}=1,014\ ,$$

c'est-à-dire, aux chiffres négligés près, le même nombre que celui du sulfure, à cause du peu de différence entre ce nombre, et celui 1,016 que nous avons attribué au soufre. Ce nombre serait presqu'identique avec celui 1,015 déduit de la densité du cuivre métallique; malgré cet accord nous nous en tiendrons encore à l'hypothèse suivie dans le texte.

d'après sa composition nous aurons, pour le nombre x du zinc, l'équation

$$x.0{,}668+1{,}016.0{,}332=1{,}054\ ,$$

ou

$$x.0{,}668+0{,}337=1{,}054\ ,$$

et par là

$$x=\frac{1{,}054-0{,}337}{0{,}668}=\frac{0{,}717}{0{,}668}=1{,}073\ ,$$

nombre notablement inférieur à celui donné par le zinc métallique, 1,213, quoique moins bas que celui 1,035 que nous donnait l'oxide $Zn+O$, de composition atomique analogue à ce sulfure, avec la même division en 2. Mais en n'admettant point de division on aurait pour le nombre affinitaire du zinc un écart en plus qui serait encore plus considérable que l'écart en moins du nombre 1,073; ce sulfure nous présente donc la même ambiguité que l'oxide de zinc correspondant. Sans rien décider à cet égard nous nous abstiendrons donc encore de faire entrer cette valeur 1,073 dans le calcul du nombre affinitaire moyen du zinc.

Le sulfure de fer $Fe+S^2$ nous a donné, d'après sa densité et le poids atomique du fer jusqu'ici reçu, en y admettant la division en 2, le nombre affinitaire 1,046. Sa composition en poids nous donnerait ainsi

$$x.0{,}458+1{,}016.0{,}542=1{,}046\ ,$$

ou

$$x.0{,}458+0{,}551=1{,}046\ ,$$

pour la détermination du nombre x du fer; on en tirerait

$$x=\frac{1{,}046-0{,}551}{0{,}458}=\frac{0{,}495}{0{,}458}=1{,}081\ ,$$

nombre un peu moindre que 1,114 déduit de la densité du fer métallique. Mais en calculant d'après le nouvel atome du fer 3,50 nous avons trouvé pour le nombre affinitaire de ce sulfure, dans la même hypothèse de division de l'atome, 1,052; d'après ce nombre, et par la composition du sulfure en poids calculée sur le nouvel atome du fer, nous avons pour déterminer le nombre affinitaire x du fer l'équation

$$x.0{,}467+1{,}016.0{,}533=x.0{,}467+0{,}542=1{,}052\ ,$$

d'où

$$x = \frac{1,052 - 0,542}{0,467} = \frac{0,510}{0,467} = 1,092 ,$$

un peu moindre que le nombre 1,126 déduit de la densité du fer métallique.

Suivent les chlorures. Le protochlorure de mercure $Hg + Cl$, en y admettant la division de l'atome en 4, s'est trouvé avoir pour nombre affinitaire 0,961. Sa composition nous donne d'après cela pour déterminer le nombre x du mercure, en prenant pour le chlore le nombre affinitaire 0,801 établi dans le § précédent, l'équation

$$x . 0,851 + 0,801 . 0,149 = 0,961 ,$$

ou

$$x . 0,851 + 0,119 = 0,961 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,961 - 0,119}{0,851} = \frac{0,842}{0,851} = 0,989 ,$$

nombre sans doute trop petit, mais qui pourra concourir dans le calcul de la moyenne.

Le chlorure d'argent $Ag + 2Cl$ de Berzelius, mais qui selon nous est simplement $Ag + Cl$, en entendant par Ag la moitié seulement de l'atome de Berzelius, s'est trouvé avoir pour nombre affinitaire d'après sa densité, en admettant la division en 4 de l'atome représenté par notre formule, 0,863. Cela donne pour déterminer le nombre x de l'argent, d'après la composition en poids du chlorure,

$$x . 0,753 + 0,801 . 0,247 = 0,863 ,$$

ou

$$x . 0,753 + 0,198 = 0,863 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,863 - 0,198}{0,753} = \frac{0,665}{0,753} = 0,883 .$$

Ce nombre est notablement inférieur à 1, valeur qui nous avait été donné par l'argent métallique; mais par les raisons indiquées dans le § 1.er je ne crois pas qu'on doive admettre un autre système de division que celle en 4; et c'est par la comparaison de la valeur 0,883 avec

celles fournies par les autres composés, qu'on pourra décider si on doit l'écarter du calcul de la valeur moyenne du nombre affinitaire de l'argent.

Pour le deutochlorure de mercure $Hg+Cl^2$, en admettant la division de l'atome en 4, nous avons trouvé le nombre affinitaire 1,075; on en tire, d'après la composition en poids, pour le nombre x de mercure, l'équation

$$x.0{,}741+0{,}801.0{,}259=1{,}075\ ,$$

ou

$$x.0{,}741+0{,}207=1{,}075\ ,$$

d'où

$$x=\frac{1{,}075-0{,}207}{0{,}741}=\frac{0{,}868}{0{,}741}=1{,}171\ .$$

Le chlorure de plomb $Pb+Cl^2$ nous a donné, en y admettant la division de l'atome en 4, le nombre affinitaire 1,070; sa composition en poids nous fournit d'après cela, pour le nombre x du plomb, l'équation

$$x.0{,}745+0{,}801.0{,}255=1{,}070\ ,$$

ou

$$x.0{,}745+0{,}204=1{,}070\ ,$$

d'où

$$x=\frac{1{,}070-0{,}204}{0{,}745}=\frac{0{,}866}{0{,}745}=1{,}162\ .$$

Pour le chlorure de sodium $Na+Cl^2$, en admettant la division en 4 de l'atome représenté par cette formule, nous avons trouvé le nombre affinitaire 1,105. Sa composition nous donne en conséquence, pour le nombre x du sodium, l'équation

$$x.0{,}397+0{,}801.0{,}603=1{,}105\ ,$$

ou

$$x.0{,}397+0{,}483=1{,}105\ ,$$

et par là

$$x=\frac{1{,}105-0{,}483}{0{,}397}=\frac{0{,}622}{0{,}397}=1{,}567\ .$$

nombre notablement supérieur à celui déduit de la densité du sodium métallique 1,325, et qui pourra par la suite être exclu de la moyenne des valeurs que nous donneront les autres composés du sodium. Mais

on ne pourrait supposer une division ultérieure de la molécule de ce chlorure, sans avoir pour x un nombre qui s'écarterait encore plus, en sens opposé, de 1,325.

Nous allons maintenant faire usage des sels, et d'abord des carbonates.

Carbonate d'argent $AgO+CO^2$ de Berzelius, ou selon nous Ag^2O+CO^2. Nous avons vu que le nombre affinitaire de ce sel déduit de sa densité, en y supposant une division de l'atome en 8, était 0,820. D'après sa composition en poids, et en prenant pour les nombres affinitaires du carbone et de l'oxigène les nombres 0,923, et 0,305 établis dans le § précédent, nous en aurons pour déterminer le nombre x de l'argent l'équation

$$x.0{,}782+0{,}923.0{,}044+0{,}305.0{,}174=0{,}820\ ,$$

ou

$$x.0{,}782+0{,}041+0{,}053=x.0{,}782+0{,}094=0{,}820\ ,$$

et

$$x=\frac{0{,}820-0{,}094}{0{,}782}=\frac{0{,}726}{0{,}782}=0{,}928\ .$$

Carbonate de plomb $PbO+CO^2$. Son nombre affinitaire déduit de la densité est, comme on a vu dans le § 1.er, 1,001, en admettant la division de l'atome en 4. On en tire d'après sa composition en poids, pour le nombre x du plomb,

$$x.0{,}775+0{,}923.0{,}045+0{,}305.0{,}180$$
$$=x.0{,}775+0{,}042+0{,}055=x.0{,}775+0{,}097=1{,}001\ ,$$

d'où

$$x=\frac{1{,}001-0{,}097}{0{,}775}=\frac{0{,}904}{0{,}775}=1{,}166\ .$$

au lieu de 1,207 que nous avait donné le plomb métallique.

Carbonate de fer $FeO+CO^2$. Le nombre affinitaire calculé sur l'ancien poids atomique de fer, et en y admettant la division de l'atome en 8 a été trouvé 0,712. Sa composition en poids donnerait d'après cela pour celui x du fer

$$x.0{,}474+0{,}923.0{,}105+0{,}305.0{,}421$$
$$=x.0{,}474+0{,}097+0{,}128=x.0{,}474+0{,}225=0{,}712\ ,$$

d'où

$$x = \frac{0,712 - 0,225}{0,474} = \frac{0,487}{0,474} = 1,027 ,$$

nombre notablement inférieur à 1,114; sur quoi il faut remarquer qu'un écart dans le composé en occasionne un plus considérable sur le fer qui n'y entre pas même pour la moitié du poids.

Le calcul par la nouvelle estimation du poids atomique du fer nous a donné, dans la même hypothèse de division, 0,715 pour le nombre affinitaire du carbonate de fer, déduit de sa densité. Alors d'après sa composition en poids on aura, pour déterminer le nombre affinitaire x de fer, l'équation

$$x.0,483 + 0,103.0,923 + 0,414.0,305$$
$$= x.0,483 + 0,095 + 0,126 = x.0,483 + 0,221 = 0,715 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,715 - 0,221}{0,483} = \frac{0,494}{0,483} = 1,024 ,$$

nombre aussi notablement moindre que celui 1,126, déduit du fer métallique par le calcul sur la même base.

Carbonate de zinc $ZnO + CO^2$. Nous avons vu qu'en y admettant la division de l'atome en 4, sur laquelle à la vérité il peut rester quelque doute, comme s'écartant de l'analogie du carbonate de fer, le nombre affinitaire de ce sel indiqué par sa densité est 0,880. D'après cela sa composition en poids donne, pour le nombre x du zinc, l'équation

$$x.0,517 + 0,923.0,097 + 0,305.0,386$$
$$= x.0,517 + 0,090 + 0,118 = x.0,517 + 0,208 = 0,880 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,880 - 0,208}{0,517} = \frac{0,672}{0,517} = 1,300 ,$$

au lieu de 1,213 qui était déduit du zinc métallique.

Carbonate de manganèse. Pour ce carbonate nous avons été conduit à admettre la division de l'atome en 8 comme pour celui du fer, et son nombre affinitaire déduit de sa densité s'est trouvé dans cette supposition 0,737. Pour obtenir de là le nombre affinitaire x du manganèse, d'après la composition du carbonate, on a l'équation

$$x.0{,}479+0{,}923.0{,}105+0{,}305.0{,}416$$
$$=x.0{,}479+0{,}097+0{,}127=x.0{,}479+0{,}224=0{,}737\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}737-0{,}224}{0{,}479}=\frac{0{,}513}{0{,}479}=1{,}071\ ,$$

nombre fort peu différent de 1,068 que nous avait donné le manganèse métallique, et de celui que nous avons déduit de l'oxide de manganèse, 1,073.

Carbonate de soude $NaO+CO^2$. En admettant une division en 8 de l'atome représenté par cette formule, nous avons trouvé le nombre affinitaire de ce sel, 0,806. Sa composition en poids donne ainsi pour celui x du sodium

$$x.0{,}436+0{,}923.0{,}113+0{,}305.0{,}451$$
$$=x.0{,}436+0{,}104+0{,}138=x.0{,}436+0{,}242=0{,}806\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}806-0{,}242}{0{,}436}=\frac{0{,}564}{0{,}436}=1{,}294\ ,$$

un peu moindre que 1,325 indiqué par la densité du sodium métallique.

En passant aux sulfates, nous avons d'abord, pour le sulfate d'argent $AgO+SO^3$ de Berzelius, ou Ag^2O+SO^3 selon nous, en admettant la division de cet atome en 8, le nombre affinitaire 0,892; d'après lequel, et eu égard à la composition du sel, nous avons pour déterminer le nombre x de l'argent, en partant de ceux du soufre et de l'oxigène déjà employés ci-dessus, l'équation

$$x.0{,}692+1{,}016.0{,}103+0{,}305.0{,}205$$
$$=x.0{,}692+0{,}105+0{,}062=x.0{,}692+0{,}167=0{,}892\ ,$$

et par là

$$x=\frac{0{,}892-0{,}167}{0{,}692}=\frac{0{,}725}{0{,}692}=1{,}048\ .$$

Pour le sulfate de plomb $PbO+SO^3$, en admettant la division en 4 nous avons trouvé le nombre affinitaire 1,056; on en déduit d'après la composition en poids, pour le nombre x du plomb, l'équation

$$x.0{,}683+1{,}016.0{,}106+0{,}305.0{,}211$$
$$=x.0{,}683+0{,}108+0{,}064=x.0{,}683+0{,}172=1{,}056\ ,$$

d'où

$$x = \frac{1,056 - 0,172}{0,683} = \frac{0,884}{0,683} = 1,294 .$$

Pour le sulfate de cuivre $CuO + SO^3$, en adoptant la division de l'atome en 8, que nous avons trouvée la plus prochainement indiquée, quoique d'une manière douteuse, le nombre affinitaire a été 0,818. Sa composition en poids nous donne d'après cela, pour le nombre x du cuivre, l'équation

$$x.0,397 + 1,016.0,202 + 0,305.0,401$$
$$= x.0,397 + 0,205 + 0,122 = x.0,397 + 0,327 = 0,818 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,818 - 0,327}{0,397} = \frac{0,491}{0,397} = 1,237 ,$$

qui s'écarte notablement en plus du nombre 1,118 donné par le cuivre métallique. Mais d'un autre côté si on admet la division en 16 que nous avons trouvée presqu'également indiquée que celle en 8, en partant de celle du cuivre 1,118, et que nous avons même crue la plus probable, on aurait $\frac{4,378}{16} = 0,274$ dont la racine cubique est 0,650, et on en tirerait pour le nombre affinitaire du cuivre

$$x = \frac{0,650 - 0,327}{0,397} = \frac{0,323}{0,397} = 0,814 ,$$

nombre beaucoup trop petit, et que nous ne pourrons faire entrer dans la valeur moyenne (1); nous nous abstiendrons donc de faire usage de ce composé.

Sulfate de zinc. D'après son nombre affinitaire 0,830 trouvé en admettant la division en 8, que nous avons trouvée ici le plus prochainement indiquée, et d'après sa composition, nous avons pour déterminer le nombre x du zinc l'équation :

---

(1) Ce nombre s'éloignerait moins du nombre 1,015 qui se déduirait pour le cuivre de la supposition que la molécule du cuivre métallique fût les $\frac{3}{2}$ de son atome chimique, d'après lequel nous avons vu en effet que la division en 16 était un peu plus prochainement indiquée ; mais il serait toujours trop petit en lui-même, pour entrer dans la moyenne.

$$x.0{,}401 + 1{,}016.0{,}200 + 0{,}305.0{,}399$$
$$= x.0{,}401 + 0{,}203 + 0{,}122 = x.0{,}401 + 0{,}325 = 0{,}830 ,$$

d'où

$$x = \frac{0{,}830 - 0{,}325}{0{,}401} = \frac{0{,}505}{0{,}401} = 1{,}259 ,$$

au lieu de 1,213 que nous donnait le zinc métallique.

Sulfate de soude $NaO + SO^3$. Nous avons trouvé, en admettant la division de l'atome en 16, qui était la plus prochainement indiquée, quoique avec un écart un peu notable, le nombre affinitaire de ce sel 0,698; en conséquence on aurait d'après sa composition en poids, pour déterminer le nombre x du sodium, l'équation

$$x.0{,}326 + 1{,}016.0{,}225 + 0{,}305.0{,}449$$
$$= x.0{,}326 + 0{,}229 + 0{,}137 = x.0{,}326 + 0{,}366 = 0{,}698 ,$$

d'où

$$x = \frac{0{,}698 - 0{,}366}{0{,}326} = \frac{0{,}332}{0{,}326} = 1{,}018 ,$$

nombre évidemment trop petit; mais si on n'eût admis que la division en 8, on aurait eu un nombre qui s'écarterait encore plus en excès, de celui que nous avons trouvé par le sodium métallique, que 1,018 ne s'en écarte en défaut; nous nous en tiendrons donc pour le moment au nombre 1,018, sauf à exclure par la suite ce composé du calcul de la moyenne valeur du nombre affinitaire du sodium.

Il nous reste à faire usage des nitrates, parmi les sels que nous avons déjà considérés au § 1.er

La formule du nitrate d'argent de Berzelius $AgO + N^2O^5$ devient pour nous $Ag^2O + N^2O^5$; en en supposant la division en 16 nous avons trouvé 0,780 pour son nombre affinitaire. On en déduit, d'après sa composition, pour déterminer le nombre x de l'argent, en attribuant respectivement à l'azote et à l'oxigène les nombres 1,162 et 0,305 établis ci-dessus, l'équation

$$x.0{,}635 + 1{,}162.0{,}083 + 0{,}305.0{,}282$$
$$= x.0{,}635 + 0{,}096 + 0{,}086 = x.0{,}635 + 0{,}182 = 0{,}780 ,$$

d'où

$$x = \frac{0{,}780 - 0{,}182}{0{,}635} = \frac{0{,}598}{0{,}635} = 0{,}941 \ .$$

Le nombre affinitaire du nitrate de plomb, en admettant la division de son atome $PbO + N^2O^5$ en 8, s'est trouvé 0,963; cela donne pour le nombre x du plomb, d'après la composition de ce sel, l'équation

$$x.0{,}625 + 1{,}162.0{,}085 + 0{,}305.0{,}290$$
$$= x.0{,}625 + 0{,}099 + 0{,}088 = x.0{,}625 + 0{,}187 = 0{,}963 \ ,$$

et

$$x = \frac{0{,}963 - 0{,}187}{0{,}625} = \frac{0{,}776}{0{,}625} = 1{,}242 \ .$$

Pour le nitrate de soude $NaO + N^2O^5$, la division indiquée par la densité était douteuse entre celle en 16, et celle en 32. En calculant selon la première nous avons trouvé le nombre affinitaire du sel 0,776. Nous avons, d'après ce nombre, et d'après la composition du sel en poids, pour déterminer le nombre x du sodium, l'équation

$$x.0{,}262 + 1{,}162.0{,}165 + 0{,}305.0{,}573$$
$$= x.0{,}262 + 0{,}192 + 0{,}175 = x.0{,}262 + 0{,}367 = 0{,}776 \ ,$$

et par là

$$x = \frac{0{,}776 - 0{,}367}{0{,}262} = \frac{0{,}409}{0{,}262} = 1{,}561 \ ,$$

nombre évidemment excessif, et que nous pourrons par la suite exclure du calcul de la moyenne. En admettant la division en 32, on aurait au contraire un nombre beaucoup trop petit pour être pris en considération.

Ayant ainsi parcouru les différens composés dont nous avons déjà tâché de déterminer le système de division de l'atome, dans le § 1.er, et en avoir déduit différentes valeurs des nombres affinitaires de leurs composants, nous allons nous occuper sous le même point de vue de quelques autres composés au moyen desquels nous aurons ou de nouvelles valeurs des nombres affinitaires des corps déjà contenus dans les composés précédents, ou les valeurs des nombres affinitaires d'autres corps, qui ne faisaient pas partie de ces composés. Parmi ceux-ci les uns

seront de ceux dont nous avions déjà établi ces nombres avec plus ou moins de certitude dans le premier Mémoire d'après leur densité à l'état libre ; les autres seront des corps dont on ne connait que la densité des composés, et que nous n'avons pu en conséquence considérer dans le même Mémoire. Nous nous guiderons quant à ces derniers, pour le système de division à admettre dans la formation des molécules, soit sur l'analogie des composés précédemment examinés, soit sur les connaissances que nous pouvons avoir relativement à leur rang dans l'échelle électro-chimique.

Mais, selon ce que j'ai déjà annoncé, nous devrons distinguer ces nouveaux composés en deux séries; dans la première nous comprendrons ceux qui ne renferment qu'une seule substance composante dont le nombre affinitaire soit à déterminer, unie seulement avec une ou plusieurs des sept substances dont nous avons fait dépendre le nombre affinitaire de leurs pouvoirs neutralisants; et dans l'autre ceux qui contiennent deux ou plusieurs de ces substances, dont on se propose de déterminer le nombre affinitaire. Les équations fournies par les composés de la première série n'auront besoin d'aucune combinaison pour donner des valeurs de ce nombre; celles fournies par les composés de la deuxième série devront être combinées deux à deux ou trois à trois soit entre elles, soit avec les équations relatives aux corps simples, ou aux autres corps composés, précédemment examinés.

Dans chacune de ces deux séries nous classerons ces différens composés selon l'espèce de leur composition sans nous astreindre à aucun ordre particulier pour les corps qui en font partie, et dont il s'agit de déterminer les nombres affinitaires.

I.ère Série.

Composés qui ne contiennent qu'un seul élément dont le nombre affinitaire est à déterminer.

Oxides.

Silice, ou acide sicilique. D'après la manière dont Berzelius a considéré la composition atomique de ce corps, sa formule est $Si + O^3$, et le poids de son atome 5,773; mais l'hypothèse, qui semble la plus probable

sur cette composition, d'après la constitution et la densité des gaz dont le silicium fait partie, est que dans la silice un atome de silicium soit uni, comme l'atome du carbone dans l'acide carbonique, à 2 atomes d'oxigène. Par là la formule ci-dessus prend la forme $Si^{\frac{3}{3}} + O^3$, sans que le poids de l'atome en soit changé; mais si on veut alors prendre l'atome de la silice dans sa plus grande simplicité, il faut le réduire à $Si + O^2$, et diminuer ainsi son poids dans le rapport de 3 à 2; ce poids devient en conséquence 3,849. La densité de ce corps, tel qu'il se trouve dans le quartz ou cristal de roche, est 2,65; on aurait donc

$$\frac{3,849}{2,65} = 1,452 , \quad \text{et} \quad \frac{1,452}{0,645} = 2,251 ,$$

en supposant que la molécule intégrante à l'état solide soit représentée par cet atome même. Ce nombre ne peut convenir comme volume moléculaire à une substance qui se comporte décidément comme un acide dans ses combinaisons; le volume moléculaire, au moins à l'état liquide, que nous avons vu pouvoir être admis avec quelque probabilité pour l'acide carbonique, avec lequel l'acide silicique parait avoir de l'analogie par la nature de son radical, comme par la composition atomique que nous lui avons attribuée, est 0,133, nombre qui entre environ 17 fois dans 2,251. Si donc nous supposons à l'acide silicique un volume moléculaire, et par là un nombre affinitaire peu différent de celui de l'acide carbonique, il faudra admettre une division de l'atome par 16 pour former la molécule; le volume moléculaire devient ainsi $\frac{2,251}{16} = 0,141$, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,141} = 0,520$. La composition de la silice en poids étant 0,48 de silicium, et 0,52 d'oxigène, on en tire, pour la valeur x du nombre affinitaire du silicium, en admettant comme ci-dessus 0,305 pour celui de l'oxigène, l'équation

$$x . 0,48 + 0,305 . 0,52 = 0,520 ,$$

ou

$$x . 0,48 + 0,159 = 0,520 ,$$

et par là

$$x = \frac{0,520 - 0,159}{0,48} = \frac{0,361}{0,48} = 0,752 .$$

On aurait ainsi pour le silicium un nombre affinitaire un peu moindre

que celui du chlore, ce qui ne parait pas admissible; on pourra supposer d'après cela, qu'il n'y a ici que division en 8; que par conséquent le volume atomique de la silice est, d'après sa densité, $\frac{2,251}{8}=0,281$, un peu plus grand que celui que nous avons trouvé pour l'acide sulfureux; le nombre affinitaire en devient par là $\sqrt[3]{0,281}=0,655$, et sa composition en poids nous donne alors

$$x=\frac{0,655-0,159}{0,48}=\frac{0,496}{0,48}=1,033 .$$

Le silicium se trouve ainsi rapproché du carbone dans la série des nombres affinitaires, mais un peu plus électro-positif que lui; place qui peut bien lui convenir d'après ses qualités, et ses rapports chimiques.

Alumine. Le poids atomique de cet oxide, d'après sa formule Al^2+O^3, est 6,423. Sa densité à l'état solide, d'après celle des pierres précieuses qui en sont formées, est de 3,9 à 4; moyenne 3,95. On a donc

$$\frac{6,423}{3,95}=1,626, \quad \text{et} \quad \frac{1,626}{0,645}=2,521 .$$

Par analogie avec l'oxide de fer nous y supposerons une division de l'atome en 4 pour former la molécule solide. Nous aurons ainsi $\frac{2,521}{4}=0,630$ pour le volume moléculaire de l'alumine, et

$$\sqrt[3]{0,630}=0,857$$

pour le nombre affinitaire. La composition de l'alumine en poids étant de 0,533 aluminium et 0,467 oxigène, on aura, pour déterminer le nombre affinitaire x de l'aluminium, l'équation

$$x.0,533+0,305.0,467=0,857 ,$$

ou

$$x.0,533+0,142=0,857 ,$$

et par là

$$x=\frac{0,857-0,142}{0,533}=\frac{0,715}{0,533}=1,341 .$$

Ce nombre pourrait paraître excessif pour une substance dont l'oxide, qui est supposé de composition atomique analogue à l'oxide ferrique, ne semble

pas avoir une qualité basique beaucoup plus forte que ce dernier; mais il faut remarquer que l'aluminium ayant un atome beaucoup plus petit que celui du fer, et entrant par là en beaucoup moindre quantité en poids dans son oxide, doit par cela même que cet oxide se montre à-peu-près aussi basique que l'oxide de fer, avoir lui-même une qualité électro-positive beaucoup plus grande que le fer pour contrebalancer la qualité éminemment négative de l'oxigène qui forme presque la moitié du poids de ce composé; et les autres propriétés connues de l'aluminium s'accordent bien d'ailleurs avec cette conséquence. Le potassium et le sodium avec des nombres affinitaires de même ordre que celui que nous venons de trouver pour l'aluminium, donnent à leurs oxides un caractère beaucoup plus basique que celui de l'alumine; mais aussi ils y entrent en beaucoup plus grande quantité pondérale que l'aluminium dans l'alumine. Au reste, il faut toujours se rappeler que la considération d'un seul composé d'une substance ne peut donner qu'un nombre approximatif susceptible d'être modifié par la moyenne des nombres déduits de plusieurs composés qui contiendraient cette même substance (1).

Acide borique. Un volume de gaz chloro-borique contenant, comme on sait, 1 $\frac{1}{2}$ volume de gaz chlore, on ne peut guère douter que ce volume de chlore n'y soit joint ou à 1 ou à $\frac{1}{2}$ volume de vapeur de bore, qui serait supposé représenter 1 atome ou $\frac{1}{2}$ atome de cette substance, au premier cas le volume du gaz composé étant égal à celui de la vapeur de chlore, et au second double de ce volume. Cela revient à dire que 3 volumes de chlore s'y joignent ou à 2 at. ou à 1 seul at. de bore.

---

(1) Depuis la lecture de ce Mémoire j'ai vu dans le N.° 594 de l'*Institut*, 14 mai 1845, l'indication d'un travail de M. WOEHLER sur l'aluminium, communiqué à la Société Royale des Sciences de Gottingue dans la séance du 8 février 1845, d'après lequel la densité de l'aluminium métallique serait, par une moyenne entre deux expériences, environ 2,6. Cela donnerait pour le volume moléculaire, en supposant la molécule constituée par l'atome chimique même de l'aluminium,

$$\frac{1,712}{2,6} = 0,658, \quad \text{et} \quad \frac{0,658}{0,645} = 1,02,$$

en prenant pour unité le volume moléculaire de l'or. Ce nombre est évidemment trop petit; en supposant réunion de 2 atomes dans la molécule, comme pour le fer, avec lequel l'aluminium présente, comme on sait, beaucoup d'analogie, ce volume devient 2,04, dont la racine cubique 1,27 représentera le nombre affinitaire de l'aluminium. Ce résultat diffère peu de celui que nous avons déduit de la considération de l'alumine, 1,341. En prenant la moyenne des deux valeurs on aurait 1,30 environ, ce qui placerait l'aluminium dans l'échelle électro-chimique entre le potassium, et le sodium.

En admettant que la composition de l'acide borique soit analogue en équivalents à celle de ce chlorure gazeux, 1 $\frac{1}{2}$ volumes gazeux, ou atomes d'oxigène seraient unis dans cet acide avec 2 ou avec 1 atome de bore, ou en d'autres termes 3 atomes d'oxigène s'y joindraient ou à 4 ou à 2 atomes de bore; la première composition est trop compliquée pour être probable; on est donc conduit à admettre que l'acide borique est formé de 3 atomes d'oxigène et 2 atomes de bore. Berzelius y a admis 3 at. d'oxigène avec un seul atome de bore; mais alors le gaz chloro-borique serait composé par analogie de 1 at. ou volume de vapeur de bore et 6 vol. de gaz chlore, formant 4 vol. de gaz chloro-borique; quadruplication dont on n'a aucun exemple, que je sâche, dans les composés gazeux binaires inorganiques, tandis que la duplication qui aurait lieu selon notre supposition en est le cas le plus ordinaire. Berzelius admet pour le poids de l'atome du bore, d'après son hypothèse, 1,3625 en prenant pour unité celui de l'oxigène; dans la notre il faudra le réduire à la moitié 0,68125, ou, en se bornant à 3 chiffres, 0,681; le poids de l'atome de l'acide borique sera au reste toujours

$$1{,}362+3=4{,}362\ ,$$

soit qu'on considère le nombre 1,362 comme répondant à un seul, ou à 2 atomes de bore. La densité de l'acide borique anhydre et fondu est selon Berzelius 1,83; on a donc

$$\frac{4{,}362}{1{,}83}=2{,}384\ , \quad \text{et} \quad \frac{2{,}384}{0{,}645}=3{,}696\ .$$

Si nous admettons ici que l'acide borique ait à-peu-près le nombre affinitaire, et par là le volume moléculaire de l'acide carbonique, comme le nombre 0,133, valeur que nous avons cru admissible pour ce dernier, entre près de 28 fois dans 3,696, il faudra admettre la division de l'atome en 32, et on aura ainsi pour le volume moléculaire de l'acide borique $\frac{3{,}696}{32}=0{,}116$, et pour nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}116}=0{,}488$. La composition de l'acide borique en poids est 0,312 bore et 0,688 oxigène. On aura d'après cela pour déterminer le nombre affinitaire x du bore l'équation :

$$x.0{,}312+0{,}305.0{,}688=x.0{,}312+0{,}210=0{,}488\ ,$$

d'où

$$x = \frac{0,488 - 0,210}{0,312} = \frac{0,278}{0,312} = 0,891 \ ;$$

et on ne pourrait ici supposer une division de moins de l'atome par 2, c'est-à-dire en 16 seulement, sans qu'il en résultât, pour le nombre affinitaire du bore, un nombre qui rapprocherait le bore des métaux alcaligènes, ce qui parait tout-à-fait inadmissible. Nous considérerons donc le nombre 0,891 comme celui indiqué le plus probablement par la densité de l'acide borique solide. Ce nombre serait un peu moindre que celui du carbone, mais notablement supérieur à celui du chlore.

Acide arsénieux $As^2 + O^3$. Son atome, d'après cette formule, est 12,401; on sait que cet acide peut se présenter sous deux états moléculaires différents, savoir à l'état vitreux, et à l'état blanc opaque, sous lesquels il a une densité un peu différente; celle qu'on lui trouve à l'état vitreux est un peu supérieure à 3,7, et celle à l'état blanc un peu inférieure à ce nombre. Pour faire concourir la considération de ces deux états à la détermination moyenne de son nombre affinitaire, et par là de celui de l'arsénic, nous prendrons par approximation la densité 3,7. On aura donc

$$\frac{12,401}{3,7} = 3,352 \ , \quad \text{et} \quad \frac{3,352}{0,645} = 5,197 \ .$$

Sa composition en poids étant de 0,758 arsénic et 0,242 oxigène, si on prenait pour nombre affinitaire de l'arsénic 1,082 tel que nous l'avons trouvé par la considération de la densité de l'arsénic métallique, on aurait pour le nombre affinitaire calculé de l'acide arsénieux

$$0,758 . 1,082 + 0,242 . 0,305 = 0,820 + 0,074 = 0,894 \ ,$$

dont le cube est 0,714. Ce nombre entre dans 5,197 un peu plus de 7 fois; s'est donc la division en 8 qui est indiquée; en l'admettant on a pour le volume moléculaire de l'acide arsénieux, d'après sa densité, $\frac{5,197}{8} = 0,650$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,650} = 0,866$. Cela nous donne, pour la détermination du nombre affinitaire x de l'arsénic, l'équation

$$x . 0,758 + 0,074 = 0,866 \ ,$$

d'où

$$x = \frac{0,866 - 0,074}{0,758} = \frac{0,792}{0,758} = 1,045 \ ;$$

nombre assez rapproché de celui déduit de la densité de l'arsénic métallique.

Oxide manganoso-manganique $MnO + Mn^2O^3$. Le poids de l'atome tel qu'il est représenté par cette formule, qui revient à $Mn^3 + O^4$, est 14,377. Cet oxide constitue la mine de manganèse noire, dont la densité est estimée par les minéralogistes 4,722. On a donc

$$\frac{14,377}{4,722} = 3,045 \ , \quad \text{et} \quad \frac{3,045}{0,645} = 4,721 \ .$$

Sa composition en poids est de 0,722 manganèse et 0,278 oxigène. Si l'on emploie pour le manganèse le nombre affinitaire que nous avons déduit de sa densité à l'état isolé, savoir à-peu-près 1,07, nous aurons pour le nombre affinitaire de cet oxide

$$0,722 \,.\, 1,07 + 0,278 \,.\, 0,305 = 0,772 + 0,085 = 0,857 \ ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,857)^3 = 0,629$. Ce nombre entre dans 4,721 environ 7 fois et demie; il faut donc admettre une division en 8, et on a alors, pour le volume moléculaire déduit de la densité de cet oxide, $\frac{4,721}{8} = 0,590$, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,590} = 0,839$; on a ainsi pour déterminer le nombre affinitaire x du manganèse, d'après celui de cet oxide, l'équation

$$x \,.\, 0,722 + 0,085 = 0,839 \ ,$$

d'où

$$x = \frac{0,839 - 0,085}{0,722} = \frac{0,754}{0,722} = 1,044 \ ,$$

nombre peu différent de celui 1,07, ou plus exactement 1,068, déduit du manganèse métallique. D'après le système de division adopté, la molécule de cet oxide serait formée de $\frac{3}{8}$ d'atome chimique du manganèse, et $\frac{4}{8}$ ou $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène. Si on admet que celle de l'oxide manganeux

$Mn + O$ soit formée de $\frac{1}{2}$ atome de manganèse et $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène, comme nous l'avons trouvé dans le § 1.er, cette molécule devra s'adjoindre, pour former celle de l'oxide manganoso-manganique, un atome entier de manganèse à l'état d'oxide manganique, c'est-à-dire déjà uni avec 1 $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène, ce qui ferait en tout 1 $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{2}$ at. de manganèse, et 2 atomes d'oxigène, et se subdiviser ensuite en 4.

Oxide ferroso-ferrique $FeO + Fe^2O^3$. D'après cette formule le poids de son atome est, selon l'ancien poids atomique du fer, 14,176. Cet oxide constitue le fer oxidulé ou fer magnétique des minéralogistes, dont la densité, pour les variétés les plus pures, est estimée 5,1. On a donc

$$\frac{14,176}{5,1} = 2,780 , \quad \text{et} \quad \frac{2,780}{0,645} = 4,309 .$$

La composition en poids, d'après la même valeur de l'atome du fer, est de 0,718 de fer et 0,282 d'oxigène. En prenant pour le nombre affinitaire du fer 1,114, tel que nous l'avons trouvé par la comparaison de ce même atome du fer avec la densité du fer métallique, on aura, pour celui de cet oxide,

$$1,114 . 0,718 + 0,305 . 0,282 = 0,800 + 0,086 = 0,886 ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,886)^3 = 0,696$. Ce nombre entre dans 4,309 environ 6,2 fois; la division la plus prochainement indiquée est donc en 8. En l'adoptant on aura pour le volume moléculaire de l'oxide déduit de sa densité $\frac{4,309}{8} = 0,539$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,539} = 0,814$. On en déduit, pour déterminer le nombre affinitaire x du fer, l'équation

$$x . 0,718 + 0,086 = 0,814 ,$$

et par là

$$x = \frac{0,814 - 0,086}{0,718} = \frac{0,728}{0,718} = 1,014 ;$$

nombre plus petit d'un 11.e environ que celui déduit de la densité du fer métallique. Au reste on voit que la division de l'atome à laquelle nous sommes ainsi conduits pour cet oxide est la même que pour l'oxide correspondant du manganèse, et que la constitution des molécules des deux oxides en devient en conséquence analogue.

Cette même constitution sera encore indiquée, quoique avec des résultats numériques un peu différents, en faisant usage du nouveau poids atomique du fer 3,50. L'atome de l'oxide dont il s'agit devient alors 14,5 selon la formule, et l'on a

$$\frac{14,5}{5,1}=2,843\ , \quad \text{et} \quad \frac{2,843}{0,645}=4,408\ .$$

La composition en poids est 0,724 de fer et 0,276 d'oxigène. En prenant pour le nombre affinitaire du fer le nombre 1,126 donné, d'après cette base de calcul, par le fer métallique, on aura

$$0,724.1,126+0,276.0,305=0,815+0,084=0,899\ ,$$

pour le nombre affinitaire de l'oxide. Le cube de ce nombre 0,727 est contenu un peu plus de 6 fois dans 0,408; on pourrait rester indécis entre la division en 4 ou en 8; en adoptant celle en 8, d'après l'analogie avec l'oxide correspondant du manganèse, on aura $\frac{4,408}{8}=0,551$, dont la racine cubique est 0,820. Cela donnera, pour déterminer le nombre affinitaire x du fer, l'équation

$$x.0,724+0,084=0,820\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0,820-0,084}{0,724}=\frac{0,736}{0,724}=1,017\ ,$$

nombre un peu moindre que 1,126. Mais on ne pourrait admettre la division de l'atome en 4 seulement sans tomber dans un écart encore plus considérable en sens opposé.

Oxide antimonique de Berzelius Sb^2+O^3. D'après cette formule son atome a le poids 19,129. Sa densité est selon Boullay 5,78, selon Mohs 5,57; moyenne 5,675. On aurait en conséquence pour le volume atomique, s'il n'y avait point de division de l'atome pour former la molécule,

$$\frac{19,129}{5,675}=3,371\ , \quad \text{et} \quad \frac{3,371}{0,645}=5,226\ .$$

Dans le premier Mémoire nous avons trouvé que la densité de l'antimoine métallique, en supposant sa molécule représentée par son atome

chimique même, nous donnait 1,865 pour son volume moléculaire, et par là 1,231 pour son nombre affinitaire; mais nous avons remarqué que ce nombre par lequel l'antimoine aurait été placé dans l'échelle des nombres affinitaires à côté du zinc, et peu au-dessous du potassium, ne paraîssait pas admissible d'après les propriétés électro-chimique de ce métal. Je chercherai néanmoins ici quel est le nombre affinitaire qui résulterait pour l'oxide antimonique, d'après sa composition, de l'admission de ce nombre 1,231 pour l'antimoine. La composition de cet oxide en poids est de 0,843 d'antimoine, et 0,157 d'oxigène; on aura donc dans l'hypothèse indiquée, pour son nombre affinitaire,

$$0{,}843 \,.\, 1{,}231 + 0{,}157 \,.\, 0{,}305 = 1{,}038 + 0{,}048 = 1{,}086 \ .$$

Le cube de ce nombre, qui doit représenter son volume moléculaire, est 1,280; ce nombre entre dans 5,226 à très-peu-près 4 fois. Admettant en conséquence la division de l'atome en 4, on aura, pour le volume moléculaire de l'oxide déduit de sa densité, $\frac{5{,}226}{4} = 1{,}306$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1{,}306} = 1{,}093$, nombres peu différents respectivement de 1,280, et 1,086. Et en effet si réciproquement on calcule par le nombre affinitaire 1,093 le nombre x pour l'antimoine, on a

$$x \,.\, 0{,}843 + 0{,}048 = 1{,}093 \ ,$$

d'où

$$x = \frac{1{,}093 - 0{,}048}{0{,}843} = \frac{1{,}045}{0{,}843} = 1{,}239 \ ;$$

nombre peu différent aussi de celui que nous avions trouvé pour l'antimoine d'après la densité de ce métal. Mais si maintenant on considère en lui-même le nombre 1,086 ou 1,093, que nous avons trouvé pour l'oxide dont il s'agit, on ne peut s'empêcher de le regarder comme aussi excessif pour cet oxide, que le nombre 1,231 nous l'a paru pour l'antimoine métallique, relativement à la place qu'il parait occuper dans la série électro-chimique. En effet cet oxide a la même composition atomique que l'acide arsénieux, et semble avoir beaucoup d'analogie avec lui, et quoique on puisse supposer que l'oxide antimonique soit moins négatif que l'acide arsénieux, il ne parait pas possible que la différence en soit aussi grande que celle qui a lieu pour les nombres 1,086 ou 1,093

d'un côté, et 0,870 de l'autre, ce dernier nombre étant celui que nous avons trouvé pour l'acide arsénieux. Et la différence devient énorme pour le volume moléculaire qui d'après ce calcul est de 1,280 ou 1,306 pour l'oxide antimonique, et 0,658 pour l'acide arsénieux.

La considération de cet oxide parait donc confirmer que le nombre affinitaire 1,231 est beaucoup trop haut pour l'antimoine, et pour accorder la densité de l'antimoine métallique avec le rang qu'on peut attribuer à ce métal dans la série électro-chimique, il faudra admettre une division dans l'atome de ce métal, que nous avions regardé comme représentant la molécule à l'état solide. Il est clair cependant qu'on ne peut supposer une division de l'atome en deux dans l'antimoine métallique ; car par là son volume moléculaire, et son nombre affinitaire en deviendraient trop petits et mettraient l'antimoine au rang des métaux les plus électro-négatifs, tels que l'argent, l'or, et le platine. Il faut donc prendre pour la molécule solide de l'antimoine une fraction de l'atome chimique intermédiaire entre 1 et $\frac{1}{2}$, et la supposition la plus simple à cet égard c'est qu'elle en soit les $\frac{3}{4}$, c'est-à-dire que pour la former trois atomes chimiques doivent d'abord se réunir, et cet assemblage ce diviser en 4, comme nous avons déjà admis que cela pouvait avoir lieu pour le soufre (1). Par cette supposition le volume moléculaire que nous avions calculé de 1,865 se réduira aussi au $\frac{3}{4}$ de ce nombre, et deviendra ainsi 1,399, ce qui donnera pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,399} = 1,118$. Ce dernier nombre est celui que nous avons trouvé pour le nombre affinitaire du cuivre, d'après sa densité, et est un peu plus élevé que celui trouvé pour l'arsénic 1,082, ce qui n'a rien de contraire à ce que nous savons sur les rapports électro-chimiques de l'antimoine.

Si maintenant nous introduisons cette nouvelle estimation du nombre affinitaire de l'antimoine dans le calcul de celui de l'oxide antimonique, nous aurons pour ce dernier

$$0,843 . 1,118 + 0,048 = 0,942 + 0,048 = 0,990 .$$

(1) Je ne cherche pas ici comment on pourra concilier cette supposition avec les résultats, d'après lesquels la chaleur spécifique de l'antimoine s'est trouvé satisfaire à-peu-près à la loi de DULONG et PETIT, en y admettant l'atome de BERZELIUS ; je fais abstraction dans ce Mémoire, comme je l'ai déjà dit, ainsi que dans le précédent, de toute considération relative aux chaleurs spécifiques.

Le cube de ce nombre 0,970, qui représente alors le volume moléculaire, entre dans 5,226 un peu moins de 5 fois et demie. La division la plus simple de l'atome de l'oxide indiquée par là, serait encore celle en 4, mais avec beaucoup d'écart; et cette division nous ramènerait pour le nombre affinitaire de l'oxide déduit de sa densité au même nombre 1,093 que nous avons cru excessif par sa comparaison avec celui de l'acide arsénieux. D'un autre côté si on admettait une division ultérieure en 2, et ainsi en 8 en tout, on s'écarterait encore plus du nombre calculé par sa composition, d'après le nouveau nombre affinitaire de l'antimoine, et l'on en serait conduit par le calcul inverse à un nombre trop bas pour ce dernier. Cela nous porte à admettre encore ici une division intermédiaire entre le quart, et le huitième, savoir à prendre pour la molécule de l'oxide les $\frac{3}{16}$ de son atome, ou ce qui revient au même à supposer que la triplication d'atome, qui a eu lieu pour la formation de la molécule de l'antimoine métallique, se maintient dans celle de l'oxide; mais qu'au lieu de se diviser simplement en 4, comme l'atome du métal, celui de l'oxide se sousdivise en 16, et qu'ainsi la molécule de l'oxide est formée de $\frac{2.3}{16} = \frac{6}{16}$ ou $\frac{3}{8}$ d'atome d'antimoine, et $\frac{3.3}{16}$ ou $\frac{9}{16}$ d'atome d'oxigène. Alors en effet on aura pour le volume moléculaire de l'oxide, d'après sa densité, les $\frac{3}{16}$ aussi de 5,226, savoir 0,980, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,980} = 0,993$, fort rapproché de celui 0,990 calculé par la composition d'après le nombre affinitaire de l'antimoine métallique. Et si réciproquement on calcule par ce nombre 0,993 le nombre x de l'antimoine, on a

$$x = \frac{0,993 - 0,048}{0,843} = \frac{0,945}{0,843} = 1,121 ,$$

fort peu différent de 1,118, et qu'on pourra faire entrer avec ce dernier nombre dans le calcul de la valeur moyenne du nombre affinitaire de l'antimoine, selon ces suppositions probables de la constitution des atomes de l'antimoine et de l'oxide antimonique.

Acide antimonieux de Berzelius $Sb + O^2$. Son atome, tel qu'il est représenté par cette formule, a le poids 10,065. Sa densité est 6,53 selon Boullay, et 6,70 selon Karsten; moyenne 6,615. On a ainsi

$$\frac{10,065}{6,615} = 1,521 , \quad \text{et} \quad \frac{1,521}{0,645} = 2,358 .$$

Supposons d'abord encore ici, que le nombre affinitaire de l'antimoine soit 1,231, comme nous l'avions déduit de la densité du métal, en n'y admettant point de division de l'atome ; la composition de cet oxide en poids étant de 0,801 d'antimoine, et 0,199 d'oxigène, on aura, pour le nombre affinitaire du composé,

$$0{,}801 \,.\, 1{,}231 + 0{,}199 \,.\, 0{,}305 = 0{,}986 + 0{,}061 = 1{,}047 \,.$$

Le cube de ce nombre 1,148 exprimera son volume moléculaire. Or ce nombre entre dans 2,358 environ 2 fois ; c'est donc la division de l'atome en 2 qui est ici indiquée. On aura ainsi $\frac{2{,}358}{2} = 1{,}179$ pour le volume moléculaire déduit de la densité de cet oxide, et $\sqrt[3]{1{,}179} = 1{,}056$, nombres qui paraissent évidemment trop grands, si on les compare aux nombres correspondants de l'acide arsénieux ; on en déduirait, pour le nombre affinitaire x de l'antimoine, l'équation

$$x \,.\, 0{,}801 + 0{,}061 = 1{,}056 \,,$$

d'où

$$x = \frac{1{,}056 - 0{,}061}{0{,}801} = \frac{0{,}995}{0{,}801} = 1{,}242 \,;$$

nombre peu différent de celui donné par l'antimoine métallique dans l'hypothèse indiquée, mais encore un peu plus grand, et qui a par conséquent contre lui l'objection que nous avons déjà fait remarquer. Supposons donc maintenant que le nombre de l'antimoine soit celui que nous avons déduit de notre nouvelle hypothèse sur la molécule de l'antimoine métallique, 1,118 ; celui de l'acide antimonieux sera

$$0{,}801 \,.\, 1{,}118 + 0{,}061 = 0{,}896 + 0{,}061 = 0{,}957 \,;$$

son cube 0,877 entre dans 2,358 environ 2 fois et $\frac{2}{3}$ ou $\frac{8}{3}$ fois ; c'est donc la division par ce nombre qui est ici immédiatement indiquée, c'est-à-dire qu'on doit admettre pour la molécule solide de cet oxide $\frac{3}{8}$ de l'atome représenté par la formule $Sb + O^2$, ce qui revient encore à supposer que la triplication de l'atome admise dans l'antimoine métallique se maintient dans ce composé, et qu'il y a ensuite division en 8 au lieu de celle en 4 qui avait lieu dans l'atome métallique. Le volume moléculaire de l'acide

antimonieux est alors, d'après sa densité, $\frac{3}{8}.2{,}358 = 0{,}884$, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}884} = 0{,}960$. Ces nombres sont encore un peu plus grands que ceux qui leur répondent dans l'acide arsénieux, mais seulement d'une quantité à laquelle on pouvait s'attendre d'après la nature des deux acides. On en déduit, pour le nombre affinitaire x de l'antimoine,

$$x = \frac{0{,}960 - 0{,}061}{0{,}801} = \frac{0{,}899}{0{,}801} = 1{,}122 \ ;$$

nombre fort rapproché de 1,118 que nous a donné le métal, et de 1,121 déduit de l'oxide précédent, dans les hypothèses correspondantes.

Oxide de bismuth. En parlant du bismuth métallique dans le 1.er Mémoire nous avons laissé en suspens la détermination du volume moléculaire, et par là du nombre affinitaire de ce métal, d'après sa densité, à cause du doute qui restait dans le choix des deux systèmes sur son poids atomique, selon la composition atomique qu'on supposerait à son oxide le plus connu. Suivant l'un de ces systèmes, celui que Berzelius avait admis autrefois, et au quel divers auteurs ont cru récemment devoir revenir, cet oxide aurait eu pour formule $Bi^2 + O^3$, et et l'atome de bismuth aurait été 13,30 ou plus exactement 13,3035, en prenant pour unité celui de l'oxigène. Selon l'autre système adopté postérieurement par Berzelius, la formule de l'oxide ordinaire de bismuth serait $Bi + O$, et le poids atomique du bismuth se réduirait aux $\frac{2}{3}$ du précédent, c'est-à-dire à 8,869. Sous le point de vue chimique la décision de cette question dépend principalement de la détermination exacte de la composition pondérale d'un oxide supérieur découvert par Stromeyer, et sur laquelle il reste des doutes. Si c'est la nouvelle formule de Berzelius qui est juste, et si c'est par conséquent l'atome chimique 8,869 qu'on doit attribuer au bismuth, en prenant ce même atome pour sa molécule à l'état solide, on aurait, comme on a vu dans le premier Mémoire, d'après la densité du bismuth métallique, pour le volume moléculaire du bismuth, 1,402, ce qui donnerait pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1{,}402} = 1{,}119$, et le bismuth serait ainsi placé dans l'échelle électro-chimique près du cuivre et du fer, ce qui n'a rien d'inadmissible, d'après la manière de se comporter du bismuth dans les chaînes voltaïques. Il resterait seulement alors à concilier cet

atome 8,869 du bismuth avec la chaleur spécifique de ce métal, telle qu'elle a été déterminée par DULONG et PETIT, et par REGNAULT, et qui se trouve à-peu-près d'accord avec la loi de DULONG et PETIT dans la supposition de l'atome 13,30; mais la considération de la chaleur spécifique n'appartient pas ici à notre objet.

Si au contraire on était conduit par les considérations chimiques à admettre définitivement 13,30 pour l'atome du bismuth, le volume moléculaire de ce métal, en supposant que ce fût là aussi sa molécule solide, serait, comme on a vu encore dans le premier Mémoire, 2,104, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{2,104} = 1,281$, ce qui supposerait le bismuth plus électro-positif que le zinc, et le rapprocherait des métaux alcaligènes, résultat qui paraît inadmissible d'après les rapports chimiques et électriques du bismuth. Il faudrait donc admettre que la molécule solide du bismuth fût moindre que son atome chimique, et produite par un système particulier de division de celui-ci, qu'elle ne fût par exemple, comme nous l'avons proposé pour l'antimoine, que les $\frac{3}{4}$ de ce dernier, ce qui réduirait le volume moléculaire aussi à $\frac{3}{4}.2,104 = 1,578$, et son nombre affinitaire à $\sqrt[3]{1,578} = 1,164$; ce nombre qui rapprocherait le bismuth de l'étain dans la série électro-chimique ne serait pas non plus inconciliable avec les propriétés du bismuth; mais il faudrait supposer quelque légère erreur dans les résultats relatifs à la chaleur spécifique, d'après lesquels c'est l'atome même 13,30, qui s'accorderait de près avec la loi de DULONG et PETIT prise dans sa simplicité.

Voyons maintenant ce qu'on pourra déduire de la densité de l'oxide ordinaire ou protoxide de bismuth dans les deux systèmes différents dont nous venons de parler.

Dans la nouvelle hypothèse de BERZELIUS, où l'atome du bismuth est 8,869, et l'oxide $Bi + O$, l'atome de celui-ci sera 9,869. La densité de cet oxide est selon KARSTEN 8,17, selon HERAPATH 8,21, et selon ROYER et DUMAS 8,45; moyenne 8,28. Nous aurons donc

$$\frac{9,869}{8,28} = 1,192, \quad \text{et} \quad \frac{1,192}{0,645} = 1,848.$$

La composition de cet oxide en poids est de 0,899 bismuth, et 0,101 oxigène. En admettant 1,119 pour le nombre affinitaire du bismuth,

comme nous l'avons trouvé dans cette hypothèse, on aura, pour celui de l'oxide,

$$0{,}899 . 1{,}119 + 0{,}101 . 0{,}305 = 1{,}006 + 0{,}031 = 1{,}037 ,$$

et pour son volume moléculaire $(1{,}037)^3 = 1{,}075$. Ce nombre entre dans 1,848 environ 1,72 fois, ce qui nous conduit à admettre la division en 2 dans l'atome de l'oxide. On aura en conséquence pour le volume moléculaire de celui-ci $\frac{1{,}848}{2} = 0{,}924$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}924} = 0{,}974$. On en déduirait, pour le nombre affinitaire x du bismuth,

$$x . 0{,}899 + 0{,}031 = 0{,}974 ,$$

et

$$x = \frac{0{,}974 - 0{,}031}{0{,}899} = \frac{0{,}943}{0{,}899} = 1{,}048 ;$$

nombre seulement un peu moindre que celui donné par le bismuth métallique dans la même hypothèse, 1,119, ensorte qu'on pourrait prendre une moyenne entre ces deux nombres qui serait 1,083.

Dans l'autre hypothèse, suivie par Regnault, la formule de l'oxide étant $Bi^2 + O^3$, et Bi étant une fois et demie aussi grand que dans la précédente, l'atome de l'oxide en deviendra triple, savoir 29,607. En admettant pour un moment que telle soit aussi sa molécule, elle aura de même, d'après la densité de l'oxide, un volume triple que dans le cas précédent, savoir $3 . 1{,}848 = 5{,}544$. Le nombre affinitaire du bismuth étant, comme a vu, selon la seule hypothèse admissible dans ce cas sur la molécule solide du bismuth, 1,164, et la composition en poids de l'oxide restant la même que ci-dessus, on aura, pour le nombre affinitaire de l'oxide calculé d'après ce nombre,

$$1{,}164 . 0{,}899 + 0{,}031 = 1{,}046 + 0{,}031 = 1{,}077 ,$$

et pour le volume moléculaire $(1{,}077)^3 = 1{,}229$. Ce nombre entre dans 5,544 environ 4 fois et demie; c'est donc la division en 4 qui serait indiquée, sans que le système particulier de division supposé en ce cas à l'atome du métal isolé ait plus ici aucune influence, au contraire de ce que nous avons cru le plus probable pour l'oxide antimonique au

quel l'oxide de bismuth, dans cette hypothèse, serait analogue par sa composition. On aurait ainsi $\frac{5,544}{4} = 1,386$ pour le volume moléculaire de l'oxide, et $\sqrt[3]{1,386} = 1,115$ pour le nombre affinitaire. On en déduirait, pour le nombre affinitaire du bismuth,

$$x = \frac{1,115 - 0,031}{0,899} = \frac{1,084}{0,899} = 1,206 \ ;$$

nombre un peu supérieur à celui 1,164, assigné au bismuth d'après sa densité à l'état métallique, dans cette hypothèse. Mais peut être l'analogie, dont nous avons parlé avec l'oxide antimonique, devrait nous porter en ce cas à admettre pour l'oxide de bismuth la même constitution de la molécule que nous avons attribuée à l'oxide antimonique, et à prendre ainsi les $\frac{3}{16}$ de 5,544, ou 1,0395 pour son volume moléculaire, et la racine cubique de ce nombre 1,013 pour son nombre affinitaire. On en tire alors, pour le nombre affinitaire du bismuth,

$$x = \frac{1,013 - 0,031}{0,899} = \frac{0,982}{0,899} = 1,092 \ ;$$

nombre un peu inférieur à 1,164 donné par le bismuth métallique; et la moyenne des deux nombres serait 1,128, ce qui rapprocherait beaucoup le bismuth de l'antimoine dans l'échelle des nombres affinitaires.

C'est donc l'un ou l'autre des deux nombres 1,083, ou 1,128 qu'on aurait pour le nombre affinitaire du bismuth, par la considération réunie du bismuth métallique et de son oxide, selon que l'un ou l'autre des deux systèmes chimiques, dont nous avons parlé sur la composition atomique de cet oxide, serait reconnu pour vrai, et d'après les hypothèses que nous avons proposées pour l'un ou l'autre cas; c'est un point que nous laisserons encore en suspens (1).

---

(1) Ceci était écrit lorsque j'ai vu, dans les *Annales de Chimie et Physique*, novembre et décembre 1844, le Mémoire de M. FREMY sur les acides métalliques, dont on n'avait encore que des extraits dans les *Comptes rendus* de l'Académie de Paris; ce Mémoire renferme, par rapport aux degrés d'oxidation du bismuth, des expériences en confirmation de celles qui avaient déjà été faites par M. JACQUELAIN, et qui ne paraissent plus laisser de doute sur l'existence d'un oxide de bismuth, désigné par M. FREMY sous le nom d'acide bismuthique, dans lequel la quantité d'oxigène est à celle qui entre dans le protoxide dans le rapport de 4 à 3; cette

Oxide de chrome. Nous avons vu dans le premier Mémoire que le volume moléculaire qu'on déduirait pour le chrome de sa densité à l'état métallique en prenant pour sa molécule son atome chimique 3,52, tel que BERZELIUS l'admet, serait 1,070, ce qui donnerait pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,070} = 1,023$. Mais ces nombres qui rapprocheraient le chrome des métaux les plus électro-négatifs, tels que l'or et l'argent, sont évidemment trop petits pour un métal qui parait, par ses propriétés, assez fortement positif. Il faut donc admettre dans le chrome métallique quelque réunion d'atomes pour former la molécule; on ne peut cependant supposer, comme pour le fer et le cuivre, un redoublement qui porterait son volume moléculaire à 2,14, et rapprocherait ainsi le chrome des métaux alcaligènes. L'hypothèse intermédiaire la plus simple qu'on puisse faire est que la molécule du chrome métallique soit $\frac{3}{2}$, ou $1\frac{1}{2}$ fois son atome chimique, c'est-à-dire que, pour la former, trois atomes doivent se réunir ensemble, et cette réunion se diviser ensuite en deux (1). Le volume moléculaire sera alors aussi $\frac{3}{2}$ de celui 1,070 calculé dans la supposition de l'atome simple, savoir 1,605, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,605} = 1,171$, ce qui rangerait le chrome dans l'échelle électro-chimique à côté de l'étain et du plomb; le nombre 1,171 est peut-être trop grand, mais il pourrait être corrigé par ceux que donneraient ses composés, en en prenant la moyenne.

Voyons donc d'abord ici ce que nous donnera l'oxide de chrome.

---

existence rend improbable celle de l'oxide, dans lequel STROMEYER avait cru trouver le rapport de 3 à 2, et d'après lequel BERZELIUS avait admis sa nouvelle hypothèse sur l'atome du bismuth; et cette composition du suroxide de bismuth a encore été confirmée dernièrement par un travail de M. HEINTZ publié dans les *Annales de Poggendorff*, 1844, num.° 9. Si on revient d'après cela à l'ancienne hypothèse, le protoxide de bismuth sera analogue à l'oxide antimonique, et le suroxide de bismuth à l'acide antimonieux, et cette analogie dans les degrés d'oxidation des deux métaux serait encore complétée par les derniers travaux de HEINTZ et ARPPE (*Annales de Poggendorff*, 1844, n.° 12), d'après lesquels il y aurait en outre pour le bismuth un degré supérieur au suroxide, dont la formule serait $Bi^2 + O^5$, et qui serait un véritable acide, analogue à l'acide antimonique. Je ne crois pas néanmoins devoir encore adopter définitivement les conséquences de cette hypothèse indiquées dans le texte, d'autant plus que, comme on a vu, le système de division de l'atome du protoxide de bismuth, auquel on serait conduit dans ce cas par analogie avec celui que nous avons cru devoir admettre pour l'oxide antimonique, ne serait pas immédiatement indiqué par la densité de l'oxide de bismuth.

(1) C'est la même hypothèse, que nous avons déjà indiquée comme possible pour le cuivre dans les notes précédentes, mais que nous n'avons pas cru devoir adopter définitivement pour ce métal.

Son poids atomique, d'après sa formule $Cr^2 + O^3$, est 10,04. La densité de cet oxide selon Wöhler est 5,21 , ce qui donne

$$\frac{10,04}{5,21} = 1,927 , \quad \text{et} \quad \frac{1,927}{0,645} = 2,988 .$$

La composition en poids étant de 0,701 chrome et 0,299 oxigène , si on suppose le nombre affinitaire du chrome 1,171, on aura pour celui de l'oxide ,

$$0,701 . 1,171 + 0,299 . 0,305 = 0,821 + 0,091 = 0,912 ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,912)^3 = 0,759$. Ce nombre entre dans 2,988 environ 3,9 fois ; c'est donc la division en 4 qui est indiquée. En l'adoptant on aura pour le volume moléculaire de l'oxide , d'après sa densité, $\frac{2,988}{4} = 0,747$, et pour son nombre affinitaire

$$\sqrt[3]{0,747} = 0,908 ;$$

et on en déduira, pour déterminer celle x du chrome , l'équation

$$x . 0,701 + 0,091 = 0,908 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,908 - 0,091}{0,701} = \frac{0,817}{0,701} = 1,165 ,$$

nombre fort peu différent de celui que nous a donné le chrome métallique. D'après ce résultat la constitution particulière, que nous avons admise dans la molécule du chrome métallique, n'influerait point sur celle de son oxide , et celle-ci serait simplement formée de $\frac{2}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ at. de chrome , et $\frac{3}{4}$ d'atome d'oxigène (1).

---

(1) M. Peligot dans un Mémoire publié depuis la rédaction du présent Mémoire (*Ann. de Chimie et Phys.*, décemb. 1844), d'après des analyses qu'il a faites de divers oxides, et sels de chrome, a cru devoir réduire le poids de son atome à 3,28 au lieu de 3,52. Si l'on adopte cet atome, on trouve pour le chrome métallique, d'après sa densité 5,1 , en admettant la même constitution de sa molécule à l'état solide que ci-dessus , 1,495 pour le volume moléculaire , et $\sqrt[3]{1,495} = 1,144$, pour le nombre affinitaire ; valeurs qui pourraient bien s'approcher encore plus du vrai, que 1,605 et 1,171 respectivement. Quant à l'oxide $Cr^2 + O^3$, son poids atomique sans division serait alors 9,56 , et l'on aurait

Oxide de molybdène $Mo + O^2$. C'est l'oxide molybdique de BERZELIUS; d'après cette formule son poids atomique est 7,985. La densité de cet oxide étant 5,67 selon BUCHOLZ, on aura, pour le volume atomique y répondant,

$$\frac{7,985}{5,67} = 1,408 , \quad \text{et} \quad \frac{1,408}{0,645} = 2,183 .$$

Le molybdène métallique nous donnerait, comme on a vu dans le 1.er Mémoire, d'après sa densité, et en prenant pour sa molécule solide son atome chimique même, 1,076 pour son volume moléculaire, repondant à $\sqrt[3]{1,076} = 1,024$ pour nombre affinitaire; mais l'observation que nous avons faite pour le chrome s'applique à plus forte raison au molybdène; ces nombres supposeraient au molybdène une qualité électro-négative, qui ne s'accorde point avec ses propriétés. Il faut donc encore ici admettre un accroissement dans la molécule solide, et comme cela ne peut aller jusqu'au rédoublement, sans nous conduire à un nombre trop grand, on doit supposer la molécule solide du molybdène comme celle du chrome $\frac{3}{2}$ de l'atome chimique admis par BERZELIUS, ou formée de 3 de ces atomes, avec division successive en 2. Alors le volume moléculaire du métal devient $\frac{3}{2} . 1,076 = 1,614$, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,614} = 1,173$, nombres qui placent le molybdène dans la série électro-chimique entre l'étain et le plomb (1).

$$\frac{9,56}{5,21} = 1,832 , \quad \text{et} \quad \frac{1,832}{0,645} = 2,840 ,$$

ce qui, en admettant la division en 4 comme ci-dessus, donnerait $\frac{2,840}{4} = 0,710$ pour le volume moléculaire de cet oxide, et $\sqrt[3]{0,710} = 0,892$ pour son nombre affinitaire. Comme sa composition en poids serait, d'après le nouvel atome du chrome, 0,686 de chrome, et 0,314 oxigène, on aurait, pour déterminer le nombre affinitaire x du chrome, l'équation

$$0,686 . x + 0,314 . 0,305 = 0,686 . x + 0,096 = 0,892 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,892 - 0,096}{0,686} = \frac{0,796}{0,686} = 1,160 ,$$

au lieu de 1,165.

(1) La chaleur spécifique du molybdène a été trouvée à-peu-près d'accord avec la loi de DULONG et PETIT dans la supposition du poids atomique de BERZELIUS. Je ne m'occupe pas ici de la manière dont on pourra faire accorder la nouvelle estimation de la molécule solide de ce métal, non plus que des autres corps, avec les observations relatives à la chaleur spécifique.

La composition en poids de l'oxide de molybdène, dont il s'agit ici, étant de 0,750 de molybdène, et 0,250 oxigène, si l'on employe ce nombre affinitaire 1,173 pour le molybdène, celui de l'oxide sera

$$0{,}75 . 1{,}173 + 0{,}25 . 0{,}305 = 0{,}880 + 0{,}076 = 0{,}956 ,$$

et son nombre affinitaire $(0{,}956)^3 = 0{,}874$. Ce nombre entre dans 2,183 environ 2 fois et demie, ce qui indique la division en 2 à appliquer à son atome ci-dessus pour former la molécule. On a donc $\frac{2{,}183}{2} = 1{,}091$ pour le volume moléculaire de l'oxide d'après sa densité, et

$$\sqrt[3]{1{,}091} = 1{,}029$$

pour le nombre affinitaire. Maintenant, pour déduire de ce nombre affinitaire de l'oxide celui x du métal, on a

$$x . 0{,}75 + 0{,}076 = 1{,}029 ,$$

d'où

$$x = \frac{1{,}029 - 0{,}076}{0{,}75} = \frac{0{,}953}{0{,}75} = 1{,}271 ,$$

nombre un peu plus grand que celui donné par le molybdène métallique, mais qui pourra entrer avec lui dans le calcul de la moyenne. La triplication de molécule que nous avons admise dans le métal, n'aurait plus lieu d'après ce calcul dans l'oxide.

Acide molybdique $Mo + O^3$ de Berzelius. D'après cette formule l'atome de cet acide est 8,985. Sa densité est indiquée 3,46 par Bergman et Thomson, et 3,49 par Berzelius; moyenne 3,475. On a ainsi

$$\frac{8{,}985}{3{,}475} = 2{,}586, \quad \text{et} \quad \frac{2{,}586}{0{,}645} = 4{,}009 .$$

La composition de cet acide en poids est de 0,666 de métal et 0,334 d'oxigène; si nous admettons pour le molybdène le nombre affinitaire 1,173 déduit de la densité du molybdène métallique, dans l'hypothèse indiquée ci-dessus, on aura, pour celui de l'acide,

$$0{,}666 . 1{,}173 + 0{,}334 . 0{,}305 = 0{,}781 + 0{,}102 = 0{,}883 ,$$

et pour son volume moléculaire $(0{,}883)^3 = 0{,}689$. Ce nombre entre dans

4,009 environ 5,8 fois. On pourrait rester douteux entre la division en 4 et celle en 8; la première est cependant celle la plus prochainement indiquée, et il n'est pas probable qu'un système de division intermédiaire ait lieu ici puisque l'oxide précédent n'a rien présenté de semblable. En admettant la division en 4 on aura, pour le volume moléculaire de l'acide molybdique $\frac{4,009}{4} = 1,0022$, et pour le nombre affinitaire 1,0007, ou avec trois décimales 1,001; on en déduit, pour déterminer le nombre x du molybdène par la densité de l'acide,

$$x.0,666 + 0,102 = 1,001 ,$$

d'où

$$x = \frac{1,001 - 0,102}{0,666} = \frac{0,899}{0,666} = 1,350 ,$$

nombre sans doute excessif, et qu'on ne pourra pas faire entrer dans le calcul de la moyenne; l'écart en peut provenir de quelque erreur dans la détermination de la densité de l'acide molybdique.

Acide tungstique. Le tungstène est dans le même cas que le chrome et le molybdène. En prenant son atome chimique même pour sa molécule à l'état solide on aurait, comme nous avons vu dans le 1.er Mémoire, 1,060 pour son volume moléculaire; on en tirerait $\sqrt[3]{1,060}$, ou 1,020 pour son nombre affinitaire, nombre trop petit pour être admissible d'après les rapports électro-chimiques du tungstène. On ne pourrait cependant supposer un redoublement d'atome, et par là de volume moléculaire sans tomber sur des nombres excessifs, et il faut encore ici supposer la molécule formée seulement de l'assemblage de trois atomes, divisé en deux, et ayant ainsi un poids égal à $\frac{3}{2}$ ou $1\frac{1}{2}$ atomes chimiques tels que Berzelius les a établis. Alors le volume moléculaire du tungstène métallique devient aussi $\frac{3}{2}.1,060 = 1,590$, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,590} = 1,167$, ce qui place encore le tungstène entre l'étain et le plomb dans la série électro-chimique.

Maintenant l'acide tungstique a pour formule, en atomes de Berzelius, $W + O^3$, et pour poids atomique selon cette formule 14,830. La densité de cet acide est estimée 5,27 par Herapath, 6,12 par Berzelius, 7,14 par Karsten; ces indications sont assez discordantes entr'elles; nous admettrons cependant la moyenne 6,18. On aura ainsi

$$\frac{14,83}{6,18}=2,400\ ,\quad \text{et}\quad \frac{2,400}{0,645}=3,721\ .$$

D'un autre côté la composition de l'acide tungstique en poids étant de 0,798 tungstène et 0,202 oxigène, si nous admettons pour le tungstène le nombre affinitaire 1,167, nous aurons pour celui de l'acide tungstique

$$0,798.1,167+0,202.0,305=0,931+0,062=0,993\ ,$$

et pour son nombre affinitaire $(0,993)^3=0,979$. Ce nombre entrant environ 3,8 fois dans 3,721, il faudra admettre la division de l'atome chimique en 4 pour former la molécule solide de l'acide, et on aura par là $\frac{3,721}{4}=0,930$ pour son volume moléculaire déduit de sa densité, et $\sqrt[3]{0,930}=0,976$ pour le nombre affinitaire. On en déduit, pour déterminer le nombre affinitaire x du tungstène, l'équation

$$x.0,798+0,062=0,976\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0,976-0,062}{0,798}=\frac{0,914}{0,798}=1,145\ ,$$

nombre seulement un peu moindre que celui déduit du tungstène métallique, et qui supposerait le tungstène un peu moins positif que l'étain. La constitution de la molécule de l'acide tungstique serait au reste tout-à-fait analogue à celle que nous avons crue la plus probable pour l'acide molybdique.

Sulfures.

Sulfure de molybdène $Mo+S^2$ de Berzelius. Son atome d'après cette formule est 10,008. Sa densité est estimée de 4,5 à 4,6; moyenne 4,55. On aura ainsi

$$\frac{10,008}{4,55}=2,200\ ,\quad \text{et}\quad \frac{2,200}{0,645}=3,411\ .$$

La composition de ce sulfure en poids est 0,598 de molybdène, et 0,402 de soufre. Si l'on prend pour le molybdène le nombre affinitaire

1,173 que nous avons cru résulter le plus probablement de la densité du molybdène métallique, d'après l'hypothèse que nous avons faite sur sa molécule, savoir qu'elle soit $\frac{3}{2}$ de l'atome de Berzelius, le nombre affinitaire de ce sulfure, d'après celui que nous avons attribué ci-dessus au soufre, sera

$$0{,}598 . 1{,}173 + 0{,}402 . 1{,}016 = 0{,}701 + 0{,}408 = 1{,}109 ,$$

et son volume moléculaire $(1{,}109)^3 = 1{,}364$. Ce nombre entre dans 3,411 à-très-peu-près deux fois et demie. La division en 2 parait donc indiquée; en l'adoptant on aura, pour le volume moléculaire de ce sulfure, $\frac{3{,}411}{2} = 1{,}705$, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1{,}705} = 1{,}194$; et cela donnera, pour déterminer le nombre affinitaire x du molybdène, d'après celui du sulfure,

$$x . 0{,}598 + 0{,}408 = 1{,}194 ,$$

d'où

$$x = \frac{1{,}194 - 0{,}408}{0{,}598} = \frac{0{,}786}{0{,}598} = 1{,}314 ,$$

nombre notablement plus grand que celui déduit du molybdène métallique, et peu inférieur à celui que nous a donné l'acide molybdique. Mais s'agissant ici d'une combinaison de deux corps, dans chacun des quels nous avons supposé triplication de l'atome pour former la molécule à l'état isolé, quoique avec division différente de cet assemblage, en 2 ou en 4, nous pouvons conjecturer que la triplication se maintient encore dans le composé et que la molécule ainsi formée subissant ensuite une division en 8, cette molécule se trouve être les $\frac{3}{8}$ de l'atome chimique ci-dessus, au lieu d'en être la moitié. On aura alors pour le volume moléculaire du sulfure $\frac{3}{8} . 3{,}411 = 1{,}279$, dont la racine cubique est 1,086; ce qui donnera, pour le nombre affinitaire du molybdène,

$$x = \frac{1{,}086 - 0{,}408}{0{,}598} = \frac{0{,}678}{0{,}598} = 1{,}134 ;$$

ce nombre sera alors un peu moindre que 1,173, et rendra le molybdène un peu moins positif que l'étain.

Sulfure d'arsenic rouge, réalgar. D'après sa formule chimique

$As + S$ le poids de son atome est 6,712. Sa densité est estimée par les minéralogistes de 3,4 à 3,6; moyenne 3,5. On a donc

$$\frac{6,712}{3,5} = 1,918 , \quad \text{et} \quad \frac{1,918}{0,645} = 2,974 .$$

La composition de ce sulfure en poids est de 0,700 d'arsénic et 0,300 de soufre. Si l'on suppose à l'arsénic le nombre affinitaire 1,082, tel que nous l'avons déduit de la densité de l'arsénic métallique, on aura, pour celui de ce sulfure,

$$0,7 . 1,082 + 0,3 . 1,016 = 0,757 + 0,305 = 1,062 ,$$

et pour son volume moléculaire $(1,062)^3 = 1,198$. Ce nombre entre dans 2,974 environ $2\frac{1}{2}$ fois. La division indiquée est donc en 2 seulement; elle donne pour le volume moléculaire du sulfure $\frac{2,974}{2} = 1,487$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,487} = 1,141$; et pour le nombre affinitaire de l'arsénic, l'équation

$$x . 0,7 + 0,305 = 1,141 ,$$

d'où

$$x = \frac{1,141 - 0,305}{0,7} = \frac{0,836}{0,7} = 1,194 ,$$

nombre notablement supérieur à 1,082 que nous avons déduit de l'arsénic métallique, et à 1,050 que nous a donné l'acide arsénieux. On se rapprocherait de ces derniers nombres si on pouvait admettre qu'il y a encore ici triplication d'atome pour former la molécule; mais nous n'avons pas ici la même raison pour cette supposition que nous l'avions pour le sulfure de molybdène, puisque l'arsénic n'est pas du nombre des métaux pour lesquels nous l'avons admise à l'état d'isolement, et cette triplication devrait provenir ici de celle que nous avons conjecturé avoir lieu dans le soufre isolé, savoir dans un seul des éléments du composé. On aurait alors en effet pour le volume moléculaire du sulfure, en supposant une division en 8 du triple atome, $\frac{3}{8} . 2,974 = 1,115$, dont la racine cubique est 1,037, et pour le nombre affinitaire de l'arsénic

$$x = \frac{1{,}037 - 0{,}305}{0{,}7} = \frac{0{,}732}{0{,}7} = 1{,}046 ,$$

nombre seulement un peu moindre que 1,082. Mais à cause de l'incertitude qui peut rester à cet égard nous nous abstiendrons de nous servir de ce composé pour déterminer le nombre affinitaire de l'arsénic.

Sulfure d'arsénic jaune, orpiment. $As^2 + S^3$. D'après cette formule le poids de son atome est 15,436; sa densité est évaluée de 3,4 à 3,5, moyenne 3,45. On a ainsi

$$\frac{15{,}436}{3{,}45} = 4{,}474 , \quad \text{et} \quad \frac{4{,}474}{0{,}645} = 6{,}936 .$$

La composition en poids est 0,609 arsénic et 0,391 soufre; si on suppose à l'arsénic le nombre affinitaire 1,082, on aura, pour celui de ce sulfure,

$$0{,}609 . 1{,}082 + 0{,}391 . 1{,}016 = 0{,}659 + 0{,}397 = 1{,}056 ,$$

et pour son nombre affinitaire $(1{,}056)^3 = 1{,}177$. Ce nombre entre dans 6,936 environ 5,9 fois. On reste d'après cela dans le doute entre la division de l'atome en 4, ou en 8 parties. Si l'on adopte celle en 4 on aura pour le volume moléculaire du sulfure $\frac{6{,}936}{4} = 1{,}734$, dont la racine cubique est 1,201. On en déduira, pour déterminer le nombre x de l'arsénic, l'équation

$$x . 0{,}609 + 0{,}397 = 1{,}201 ,$$

d'où

$$x = \frac{1{,}201 - 0{,}397}{0{,}609} = \frac{0{,}804}{0{,}609} = 1{,}320 ,$$

nombre fort supérieur à celui donné par l'arsénic métallique, et qui ne peut-être pris en considération. Si au contraire on suppose la division en 8, on aura, pour le volume moléculaire du sulfure, $\frac{6{,}936}{8} = 0{,}867$, dont la racine cubique est 0,954, ce qui donne, pour le nombre affinitaire de l'arsénic,

$$x = \frac{0{,}954 - 0{,}397}{0{,}609} = \frac{0{,}557}{0{,}609} = 0{,}915 ,$$

nombre évidemment trop petit, mais qui diffère un peu moins de 1,082 en moins que 1,320 n'en diffère en plus. On se rapprocherait du nombre 1,082 en admettant encore ici une division intermédiaire, savoir en prenant pour la molécule $\frac{3}{16}$ de l'atome chimique; mais une telle division serait encore moins probable ici que pour le sulfure précédent, la triplication d'atome qui pourrait y donner lieu étant déjà comprise pour le soufre dans la formule même. Je crois donc inutile d'en faire le calcul, et ces écarts, dûs peut-être à l'inexactitude des données, nous empêcheront de faire entrer les valeurs qui s'en déduisent dans le calcul de la moyenne.

Sulfure d'antimoine Sb^2+S^3. D'après cette formule son poids atomique est 22,164. Sa densité est indiquée par les minéralogistes de 4,5 à 4,7; moyenne 4,6. On a ainsi

$$\frac{22,164}{4,6}=4,818, \quad \text{et} \quad \frac{4,818}{0,645}=7,470 .$$

Sa composition en poids est 0,728 antimoine, et 0,272 soufre. Si on prend pour nombre affinitaire de l'antimoine le nombre 1,118 que nous avons déduit de la densité de l'antimoine métallique dans l'hypothèse que nous avons cru devoir adopter sur la constitution de sa molécule, nous aurons, pour celui du sulfure,

$$0,728 \cdot 1,118+0,272 \cdot 1,016=0,814+0,276=1,090 ,$$

et pour son volume atomique $(1,09)^3=1,295$. Ce nombre entre dans 7,470 près de 6 fois; cela indique une division intermédiaire entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{8}$. Nous pouvons donc supposer que la molécule de ce sulfure est $\frac{3}{16}$ de l'atome indiqué, savoir qu'elle se forme par la réunion de 3 de ces atomes, qui se divise ensuite en 16, système qu'il est ici naturel d'admettre, puisque ses deux éléments composants présentent déjà à l'état isolé cette triplication. On aura ainsi, pour le volume moléculaire du sulfure déduit de sa densité, $\frac{3}{16} \cdot 7,470=1,401$, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,401}=1,119$. On en déduit, pour la détermination du nombre affinitaire x de l'antimoine, l'équation

$$x \cdot 0,728+0,276=1,119 ,$$

d'où

$$x = \frac{1,119 - 0,276}{0,728} = \frac{0,843}{0,728} = 1,158 ,$$

nombre seulement un peu supérieur à celui déduit de l'antimoine métallique.

Chlorures.

Chlorure de barium. D'après sa formule chimique $Ba + Cl^2$ le poids de son atome est 12,995. Sa densité est 3,86 selon Boullay, et 3,70 selon Karsten; moyenne 3,78. Nous avons donc

$$\frac{12,995}{3,78} = 3,438, \quad \text{et} \quad \frac{3,438}{0,645} = 5,330 ;$$

en admettant la division de l'atome en 4, d'après l'analogie avec le chlorure de plomb, on aura $\frac{5,330}{4} = 1,332$ pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{1,332} = 1,100$ pour le nombre affinitaire. La composition de ce chlorure en poids étant de 0,659 barium, et 0,341 chlore, on en déduit, pour déterminer le nombre affinitaire x du barium, d'après celui 0,801 que nous avons attribué au chlore,

$$x . 0,659 + 0,801 . 0,341 = 1,100 ,$$

ou

$$x . 0,659 + 0,273 = 1,100 ,$$

d'où

$$x = \frac{1,100 - 0,273}{0,659} = \frac{0,827}{0,659} = 1,255 ;$$

le barium serait ainsi un peu moins électro-positif que le potassium, et le sodium.

Chlorure de strontium $Sr + Cl^2$; le poids de son atome représenté par cette formule est 9,899; sa densité selon Karsten est 2,80; par là

$$\frac{9,899}{2,8} = 3,535, \quad \text{et} \quad \frac{3,535}{0,645} = 5,481 .$$

En admettant la même division de l'atome en 4 que pour le chlorure de barium, on a

$$\frac{5,481}{4} = 1,370 , \quad \text{et} \quad \sqrt[3]{1,370} = 1,111 .$$

La composition en poids étant de 0,553 strontium, et 0,447 chlore, le nombre affinitaire x du strontium se déduit de l'équation

$$x.0,553 + 0,801.0,447 = x.0,553 + 0,358 = 1,111 ,$$

d'où

$$x = \frac{1,111 - 0,358}{0,553} = \frac{0,753}{0,553} = 1,362 .$$

Le strontium serait, d'après ce résultat, un peu plus positif que le barium, et se placerait à cet égard à-peu-près au niveau du sodium.

Chlorure de calcium. Le poids de son atome répondant à la formule $Ca + Cl^2$ est 6,987 (1). Sa densité est 2,21 à 2,27 selon Boullay, et 2,04 selon Karsten, moyenne des trois estimations 2,173. On a en conséquence

$$\frac{6,987}{2,173} = 3,215 , \quad \text{et} \quad \frac{3,215}{0,645} = 4,985 .$$

Admettant encore ici la division en 4 on aura $\frac{4,985}{4} = 1,246$ pour volume moléculaire, et $\sqrt[3]{1,246} = 1,076$ pour nombre affinitaire. On obtient ainsi, pour le nombre x du calcium, d'après la composition en poids du chlorure, qui est de 0,366 calcium, et 0,634 chlore, l'équation

$$x.0,366 + 0,801.0,634 = x.0,366 + 0,508 = 1,076 ,$$

d'où

$$x = \frac{1,076 - 0,508}{0,366} = \frac{0,568}{0,366} = 1,552 .$$

Ce nombre est sans doute trop fort, mais on ne pourrait admettre une

(1) J'emploie ici l'atome du calcium tel que Berzelius l'a admis dans ses tables; il parait qu'on doit y faire une petite diminution d'après les dernières recherches; mais il est facile de s'assurer que la différence qui en résulterait dans nos calculs est tout-à-fait insignifiante.

division ultérieure de l'atome du composé, sans tomber sur un résultat tout-à-fait trop petit. Nous remarquerons à cet égard que le calcium n'entrant que pour un peu plus d'un tiers en poids dans le chlorure, un petit écart dans le composé doit en occasionner un considérable dans le résultat qu'on en déduit pour le calcium.

Oxysels.

Carbonate de baryte. Sa formule est $BaO+CO^2$, et son poids atomique, d'après cette formule, 12,23; sa densité est généralement évaluée à 4,3; nous avons donc

$$\frac{12,33}{4,3}=2,867\ ,\quad \text{et}\quad \frac{2,867}{0,645}=4,445\ ;$$

en admettant la division de l'atome en 4, par analogie avec le carbonate de plomb, on aura $\frac{4,445}{4}=1,111$ pour le volume moléculaire de ce carbonate, et $\sqrt[3]{1,111}=1,036$ pour son nombre affinitaire. La composition du carbonate de baryte en poids est de 0,776 baryte et 0,224 d'acide, ce qui revient à 0,694 de barium, 0,062 carbone et 0,244 oxigène; en désignant donc par x le nombre affinitaire du barium, et employant pour le carbone et l'oxigène les nombres affinitaires établis ci-dessus, nous aurons l'équation

$$x.0,694+0,923.0,062+0,305.0,244=1,036\ ,$$

ou

$$x.0,694+0,057+0,074=x.0,694+0,131=1,036\ ,$$

d'où

$$x=\frac{1,036-0,131}{0,694}=\frac{0,905}{0,694}=1,304\ ,$$

nombre un peu plus grand que celui donné par le chlorure de barium, et qui rangerait le barium à côté du potassium et du sodium dans l'échelle des nombres affinitaires.

Carbonate de strontiane $SrO+CO^2$. Le poids atomique de ce sel, représenté par la formule, est 9,23; sa densité est 3,60 selon Mohs,

3,62 selon KARSTEN; moyenne 3,61. On a donc, pour le volume moléculaire de ce corps,

$$\frac{9,23}{3,61}=2,557\ , \quad \text{et} \quad \frac{2,557}{0,645}=3,964\ ,$$

abstraction faite de toute division, et $\frac{3,964}{4}=0,991$, en admettant la division de l'atome en 4 comme pour le carbonate de baryte. La racine cubique en est 0,997. La composition du carbonate de strontiane en poids est de 0,701 de strontiane et 0,299 d'acide carbonique, ou bien de 0,592 strontium, 0,083 carbone, 0,325 oxigène. On en déduit pour la détermination du nombre affinitaire x du strontium, l'équation

$$x.0,592+0,083.0,923+0,325.0,305$$
$$=x.0,592+0,077+0,099=x.0,592+0,176=0,997\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0,997-0,176}{0,592}=\frac{0,821}{0,592}=1,387\ ;$$

nombre peu différent de celui déduit du chlorure de strontium.

Carbonate de chaux $CaO+CO^2$. L'atome représenté par cette formule est 6,32. A l'état de spath calcaire sa densité peut être estimée par une moyenne de 2,71 ; on a donc

$$\frac{6,32}{2,71}=2,332\ , \quad \text{et} \quad \frac{2,332}{0,645}=3,615\ .$$

Si on suppose la division de l'atome en 4 comme dans les deux carbonates précédents, le volume moléculaire sera $\frac{3,615}{4}=0,904$ dont la racine cubique est 0,967. La composition en poids du carbonate de chaux est de 0,563 de chaux, et 0,437 d'acide carbonique, ou bien de 0,405 calcium, 0,121 carbone, et 0,474 oxigène. On aura donc, pour déterminer le nombre affinitaire x du calcium, l'équation

$$x.0,405+0,923.0,121+0,305.0,474$$
$$=x.0,405+0,112+0,145=x.0,405+0,257=0,967\ ,$$

d'où

$$x = \frac{0{,}967 - 0{,}257}{0{,}405} = \frac{0{,}710}{0{,}405} = 1{,}753 .$$

Ce nombre est beaucoup trop grand pour être admis; il faut donc supposer dans l'atome de ce composé une division ultérieure en 2, et ainsi en tout en 8 pour former sa molécule solide; alors on a pour le volume moléculaire $\frac{3{,}615}{8} = 0{,}452$, et pour le nombre affinitaire

$$\sqrt[3]{0{,}452} = 0{,}768 ;$$

et on en déduit, pour le nombre affinitaire du calcium,

$$x = \frac{0{,}768 - 0{,}257}{0{,}405} = \frac{0{,}511}{0{,}405} = 1{,}262 .$$

Ainsi, d'après ce résultat, le calcium serait un peu moins positif que le potassium et le sodium.

On trouverait un résultat peu différent si au lieu de calculer le nombre affinitaire du carbonate de chaux par la densité du spath calcaire, on prenait pour base du calcul la densité de son isomère, l'arragonite. Cette densité étant à-très-peu-près 3, on aurait

$$\frac{6{,}32}{3} = 2{,}11 , \quad \text{et} \quad \frac{2{,}11}{0{,}645} = 3{,}271 ,$$

et en admettant de même la division en 8, $\frac{3{,}271}{8} = 0{,}409$, dont la racine cubique est 0,742. On obtiendrait, en conséquence, pour le nombre affinitaire du calcium,

$$x = \frac{0{,}742 - 0{,}257}{0{,}405} = \frac{0{,}485}{0{,}405} = 1{,}198 ,$$

nombre encore un peu moindre que le précédent, et qui tendrait à rapprocher le calcium du zinc et du plomb.

J'observerai ici que par la division de l'atome en 8, à laquelle nous avons étés conduits pour la molécule du carbonate de chaux, ce composé différerait des carbonates de baryte, et de strontiane, dans

lesquels nous avons admis la division seulement en 4, tandis que le chlorure de calcium nous aurait présenté dans sa molécule la même division de l'atome en 4 que les chlorures de barium et de strontium. Cette division en 8 de l'atome du carbonate de chaux est aussi celle que nous avons admise pour le carbonate de soude, au lieu que le chlorure de sodium nous a donné d'un autre côté la même division en 4 que le chlorure de calcium, commune avec les chlorures de barium et de strontium.

Carbonate de magnésie $MgO+CO^2$. Le poids de l'atome, selon cette formule, est 5,348. Sa densité selon BREITHAUPT est 2,81, selon MOHS 3,05, et selon NAUMAN 2,925; moyenne 2,928, ou avec 2 décimales 2,93. On a d'après cela

$$\frac{5,348}{2,93}=1,826, \quad \text{et} \quad \frac{1,826}{0,645}=2,831 .$$

Si par analogie avec les carbonates de chaux et de soude, on suppose la division de l'atome en 8, on aura $\frac{2,831}{8}=0,354$ pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{0,354}=0,708$, pour le nombre affinitaire. La composition en poids du carbonate de magnésie est de 0,483 de magnésie, et 0,517 d'acide carbonique, ou 0,296 magnesium, 0,143 carbone et 0,561 oxigène; en désignant par x le nombre affinitaire du magnésium, on aura, d'après cela, l'équation

$$x.0,296+0,143.0,923+0,561.0,305$$
$$=x.0,296+0,132+0,171=x.0,296+0,303=0,708 ,$$

d'où

$$x=\frac{0,708-0,303}{0,296}=\frac{0,405}{0,296}=1,368 ,$$

nombre peut-être trop grand, mais au quel on pourra s'en tenir pour le moment, sauf à le modifier par la suite d'après les résultats qui pourraient être donnés par d'autres composés du magnésium (1).

---

(1) Dans une note au travail de M. WOEHLER sur l'aluminium, rapporté par le Journal l'*Institut*, et dont j'ai parlé ci-dessus à l'occasion de la détermination du nombre affinitaire de ce métal par l'alumine, la densité du magnésium métallique est indiquée 1,87. En prenant l'atome chimique

Sulfate de baryte $BaO+SO^3$. Le poids de son atome selon cette formule est 14,58 ; sa densité est 4,45 selon Mohs, et 4,20 selon Karsten ; moyenne 4,325. On a ainsi

$$\frac{14,58}{4,325}=3,371\,, \quad \text{et} \quad \frac{3,371}{0,645}=5,226\,.$$

Si par analogie avec le sulfate de plomb on suppose la division de l'atome en 4 le volume moléculaire de ce sulfate sera $\frac{5,226}{4}=1,306$, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,306}=1,093$. La composition en poids est de 0,656 baryte, et 0,344 acide sulfurique, ou bien 0,587 barium, 0,138 soufre, et 0,275 oxigène. On aura donc, pour déterminer le nombre x du barium, d'après ceux du soufre et de l'oxigène que nous avons admis, l'équation

$$x.0,587+0,138.1,016+0,275.0,305$$
$$=x.0,587+0,140+0,084=x.0,587+0,224=1,093\,,$$

d'où

$$x=\frac{1,093-0,224}{0,587}=\frac{0,869}{0,587}=1,480\,,$$

nombre un peu plus grand que ceux obtenus par les composés précédents de barium, mais qu'on pourra faire entrer dans le calcul de la moyenne.

Sulfate de strontiane. Son poids atomique, d'après sa formule $Sr\,O+S\,O^3$, est 11,485. Sa densité, selon Breithaupt, est 3,95 (qui est aussi à-peu-près la densité que les minéralogistes attribuent

---

du magnésium 1,58 pour sa molécule on aurait, d'après cette densité, pour son volume moléculaire

$$\frac{1,58}{1,87}=0,845\,, \quad \text{et par là} \quad \frac{0,845}{0,645}=1,310\,,$$

en prenant pour unité celui de l'or, nombre beaucoup trop petit pour un métal alcaligène. Si l'on admet un rédoublement de l'atome pour former la molécule, ce nombre sera aussi doublé, et deviendra 2,620, dont la racine cubique, exprimant le nombre affinitaire correspondant, est 1,379, nombre fort rapproché de celui que nous avons admis ici par la considération du carbonate de magnésie. Cela nous apprendrait au reste que l'atome du magnésium, tel que Berzelius l'établit, se double, comme celui du fer, pour former la molécule, au lieu que celui du sodium se réduit à moitié.

au sulfate de strontiane natif, ou célestine), et selon KARSTEN 3,59; moyenne 3,77. On en déduit

$$\frac{11,485}{3,77}=3,047\,, \quad \text{et} \quad \frac{3,047}{0,645}=4,724\,,$$

et admettant encore ici la division de l'atome en 4 on aura $\frac{4,724}{4}=1,181$ pour le volume moléculaire de ce composé, et $\sqrt[3]{1,181}=1,057$ pour son nombre affinitaire. La composition de ce sulfate est de 0,564 de strontiane, et 0,436 d'acide, ou bien de 0,477 strontium, 0,175 soufre, et 0,348 oxigène. On a, en conséquence, pour le nombre x du strontium, l'équation

$$x.0,477+0,175.1,016+0,348.0,305$$

$$=x.0,477+0,178+0,106=x.0,477+0,284=1,057\,,$$

d'où

$$x=\frac{1,057-0,284}{0,477}=\frac{0,773}{0,477}=1,620\,.$$

Ce nombre est beaucoup plus grand que ceux fournis pour le strontium, par le chlorure, et par le carbonate; mais on ne pourrait admettre une division ultérieure de l'atome en 2 (ce qui au reste sortirait de l'analogie avec le sulfate de baryte), sans être conduit à un nombre trop petit.

Sulfate de chaux. Sa formule chimique est $CaO+SO^3$, et le poids atomique que cette formule représente est 8,572. Sa densité à l'état anhydre est 2,96 selon NAUMANN, et 2,93 selon KARSTEN; moyenne 2,945, et cela s'accorde aussi à-peu-près avec la densité de l'anhydrite, ou sulfate de chaux anhydre naturel qui est entre 2,8 et 3. On a donc

$$\frac{8,572}{2,945}=2,911\,, \quad \text{et} \quad \frac{2,911}{0,645}=4,513\,.$$

Si l'on admet la division de l'atome en 4, comme dans les deux sulfates précédents, on aura pour volume moléculaire 1,128, et pour nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,128}=1,041$. La composition en poids est 0,415 chaux, et 0,585 acide, ou 0,298 calcium, 0,235 soufre et 0,467 oxigène; on

en tire, pour la détermination du nombre x du calcium, l'équation

$$x.0{,}298+0{,}235.1{,}016+0{,}467.0{,}305$$
$$=x.0{,}298+0{,}239+0{,}142=x.0{,}298+0{,}381=1{,}041\ ,$$

d'où

$$x=\frac{1{,}041-0{,}381}{0{,}298}=\frac{0{,}660}{0{,}298}=2{,}215\ ,$$

nombre évidemment excessif. Il faut donc admettre pour le carbonate de chaux une division en 8 au lieu de celle en 4. Alors on a, pour le volume moléculaire du composé $\frac{4{,}513}{8}=0{,}564$, dont la racine cubique est 0,826. On en tire ainsi, pour le nombre affinitaire du calcium,

$$x=\frac{0{,}826-0{,}381}{0{,}298}=\frac{0{,}445}{0{,}298}=1{,}493\ ,$$

nombre probablement encore trop grand, mais qu'on pourra réunir à ceux fournis pour le calcium par les composés précédents, pour en tirer la moyenne.

Nous avons vu que pour le sulfate de soude la division de l'atome la plus prochainement indiquée était en 16; mais elle ne l'était qu'avec beaucoup d'écart; et puisque la soude, et la chaux paraissent s'accorder entr'elles par le système de division de leurs carbonates, en présentant une division de plus que les carbonates de baryte et de strontiane, il est possible que la vraie division soit aussi en 8 seulement pour le sulfate de soude, comme pour le sulfate de chaux.

Sulfate de magnésie. Le poids de son atome répondant à la formule $MaO+SO^3$ est 7,595. Sa densité à l'état anhydre est selon KARSTEN 2,61; on a ainsi

$$\frac{7{,}595}{2{,}61}=2{,}910\ ,\quad \text{et}\quad \frac{2{,}910}{0{,}645}=4{,}511\ .$$

Admettant d'abord la division de l'atome en 8, comme pour le sulfate de chaux, on aura, pour le volume moléculaire, $\frac{4{,}511}{8}=0{,}564$, le même que pour le sulfate de chaux, et dont la racine cubique est, comme on a vu, 0,826. La composition en poids est de 0,340 de

magnésie, et 0,660 d'acide, ou 0,208 magnésium, 0,265 soufre, 0,527 oxigène; on aura en conséquence, pour le nombre x du magnésium, l'équation

$$x.0{,}208+1{,}016.0{,}265+0{,}305.0{,}527$$

$$=x.0{,}208+0{,}269+0{,}161=x.0{,}208+0{,}430=0{,}826\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}826-0{,}430}{0{,}208}=\frac{0{,}396}{0{,}208}=1{,}904\ ,$$

nombre beaucoup trop grand, et qui ne pourra entrer dans le calcul de la moyenne; mais si on admettait encore une division en 2 de plus, et ainsi en 16 en tout, on s'écarterait de l'analogie avec le carbonate de magnésie, et on serait d'ailleurs conduit à un nombre tout-à-fait trop petit. Au reste on observera que les sels de magnésie sont peu propres à donner le nombre affinitaire du magnésium avec précision, à cause de la petite quantité en poids qu'ils en contiennent.

En général on voit, en comparant entr'eux les carbonates et les sulfates, que ces sels, d'après les systèmes aux quels nous nous sommes arrêtés, suivent pour chaque base la même division, en sorte que les bases, dont les carbonates présentent une division de plus que ceux des autres, offrent dans leurs sulfates la même différence de division d'avec les sulfates de ces autres bases.

Nitrate de baryte. Le poids atomique de ce sel, d'après sa formule $BaO+N^2O^5$, est 16,34. Sa densité selon Karsten est 3,18; et l'on a ainsi

$$\frac{16{,}34}{3{,}18}=5{,}138\ ,\quad \text{et}\quad \frac{5{,}138}{0{,}645}=7{,}966\ .$$

Si nous y admettons la division de l'atome en 8, comme nous l'avons trouvée pour le nitrate de plomb, nous aurons $\frac{7{,}966}{8}=0{,}996$ pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{0{,}996}=0{,}999$ pour le nombre affinitaire. La composition en poids est de 0,586 de baryte, et 0,414 d'acide nitrique, ou de 0,524 barium, 0,108 azote, 0,368 oxigène. On aura ainsi, en désignant par x le nombre affinitaire du barium,

$$x.0{,}524+1{,}162.0{,}108+0{,}305.0{,}368$$
$$=x.0{,}524+0{,}125+0{,}112=x.0{,}524+0{,}237=0{,}999\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}999-0{,}237}{0{,}524}=\frac{0{,}762}{0{,}524}=1{,}454\ .$$

Ce nombre est probablement trop fort, mais on ne pourrait supposer une division ultérieure en 2, sans rencontrer un nombre beaucoup trop petit pour le barium.

Nitrate de strontiane. Sa formule est $SrO+N^2O^5$, et son atome correspondant à cette formule 13,24. Sa densité est selon KARSTEN 2,89; ainsi

$$\frac{13{,}24}{2{,}89}=4{,}581\ ,\quad \text{et}\quad \frac{4{,}581}{0{,}645}=7{,}102\ .$$

En admettant la division en 8 comme dans le sel de baryte, on aura $\frac{7{,}102}{8}=0{,}888$ pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{0{,}888}=0{,}961$ pour le nombre affinitaire du composé. La composition en poids est de 0,489 strontiane, et 0,511 acide, ou 0,413 strontium, 0,134 azote, 0,453 oxigène. On en déduit, pour le nombre affinitaire x du strontium, l'équation

$$x.0{,}413+1{,}162.0{,}134+0{,}305.0{,}453$$
$$=x.0{,}413+0{,}156+0{,}138=x.0{,}413+0{,}294=0{,}961\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}961-0{,}294}{0{,}413}=\frac{0{,}667}{0{,}413}=1{,}615\ ,$$

nombre sans doute excessif, mais qui serait remplacé par un nombre beaucoup trop petit, si on voulait admettre une division ultérieure en 2.

Chromate de potasse. L'atome de ce sel, d'après sa formule $Ko+CrO^3$, est 12,417; sa densité est 2,64 selon KARSTEN, et 2,70 selon KOPP; moyenne 2,67. On a ainsi

$$\frac{12{,}417}{2{,}67}=4{,}650\ ,\quad \text{et}\quad \frac{4{,}650}{0{,}645}=7{,}209\ .$$

La composition de ce sel en poids est de 0,475 de potasse, et 0,525

d'acide, ou 0,394 potassium, 0,283 chrome, 0,323 oxigène. Si l'on admettait pour le chrome le nombre affinitaire 1,171, que nous avons déduit ci-dessus de sa densité à l'état métallique, dans la supposition que sa molécule en cet état soit 1 $\frac{1}{2}$ fois son atome chimique, on aurait, pour le nombre affinitaire du chromate de potasse, selon les nombres affinitaires que nous avons établis pour l'oxigène, et pour le potassium,

$$0{,}394 . 1{,}279 + 0{,}283 . 1{,}171 + 0{,}323 . 0{,}305$$
$$= 0{,}504 + 0{,}331 + 0{,}099 = 0{,}934 ,$$

et pour son volume moléculaire $(0{,}934)^3 = 0{,}815$. Ce nombre entre dans 7,209 un peu moins de 9 fois, ce qui indique la division de l'atome en 8; on aura ainsi, pour le volume moléculaire du sel, d'après sa densité, $\frac{7{,}209}{8} = 0{,}901$, et pour son nombre affinitaire

$$\sqrt[3]{0{,}901} = 0{,}966 .$$

On en déduit, pour le nombre x du chrome, l'équation

$$x . 0{,}283 + 0{,}504 + 0{,}099 = x . 0{,}283 + 0{,}603 = 0{,}966 ,$$

et

$$x = \frac{0{,}966 - 0{,}603}{0{,}283} = \frac{0{,}363}{0{,}283} = 1{,}283 ,$$

nombre notablement plus grand que 1,171 déduit du métal, et que 1,165 donné ci-dessus par l'oxide de chrome (1).

Oxides et sels hydratés.

Acide borique hydraté; borate tri-hydrique $BO^3 + 3H^2O$ de Berzelius. Si l'acide borique est formé, comme nous l'avons cru probable, de 2 at. de bore au lieu d'un seul, unis avec les 3 atomes d'oxigène, cette formule devrait se changer en $B^2O^3 + 3H^2O$. Mais quelle que soit de

(1) En faisant un calcul analogue, et dans la même hypothèse de division, par le nouvel atome du chrome 3,28 adopté par Peligot, on trouverait, pour le nombre affinitaire du chrome, 1,286, nombre fort peu différent de 1,283.

ces deux formules qu'on adopte, le poids atomique de cet hydrate, si on n'y admettait point de division pour former la molécule, serait 7,737. Sa densité étant selon BERZELIUS 1,48, on aura

$$\frac{7,737}{1,48} = 5,228 , \quad \text{et} \quad \frac{5,228}{0,645} = 8,105 .$$

La composition de cet hydrate en poids est de 0,5638 acide, et 0,4362 eau, ou bien 0,1760 bore, 0,7756 oxigène, 0,0484 hydrogène. Si nous supposons au bore le nombre affinitaire 0,891, que nous avons déduit de l'acide borique anhydre, et à l'oxigène et hydrogène, les nombres indiqués plus haut, le nombre affinitaire de l'hydrate dont il s'agit sera

$$0,176.0,891 + 0,7756.0,305 + 0,0484.3,162$$
$$= 0,157 + 0,237 + 0,153 = 0,547 ,$$

et l'on aura $(0,547)^3 = 0,164$ pour le volume atomique calculé d'après sa composition. Ce nombre entre dans 8,105 à-peu-près 50 fois. La puissance de 2, la plus prochaine de ce nombre, est 64; c'est donc la division en 64 qui est ici indiquée; c'est une division en 2 de plus que nous ne l'avons admise pour l'acide borique anhydre. En l'adoptant, le volume moléculaire de l'hydrate dont il s'agit sera, d'après sa densité, $\frac{8,105}{64} = 0,127$, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,127} = 0,502$, et on en déduira, pour le nombre affinitaire x du bore, l'équation

$$x.0,176 + 0,237 + 0,153 = x.0,176 + 0,390 = 0,502 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,502 - 0,390}{0,176} = \frac{0,112}{0,176} = 0,636 .$$

Ce nombre est beaucoup moindre que celui déduit de l'acide borique anhydre 0,891, mais il mérite moins de confiance à cause du peu de bore en poids contenu dans cet hydrate. On n'aurait pu au reste s'arrêter à une division en deux de moins, c'est-à-dire à la division en 32 seulement sans être conduit à un nombre tout-à-fait excessif.

Sesqui-carbonate de soude cristallisé. La formule de ce composé est selon BERZELIUS $2NaO + 3CO^2 + 4H^2O$, ce qui donne pour son poids

atomique 20,61. C'est le sel natif connu sous le nom de *Trona*, et dont la densité est estimée par les minéralogistes 2,112. On a ainsi

$$\frac{20,61}{2,112}=9,758\ ,\quad \text{et}\quad \frac{9,758}{0,645}=15,129\ .$$

La composition en poids est de 0,379 soude, 0,403 acide, 0,218 eau, ce qui revient à 0,282 sodium, 0,111 carbone, 0,583 oxigène, 0,024 hydrogène. Si on attribue au sodium le nombre affinitaire 1,325 que nous avons déduit de sa densité à l'état métallique, on aura, pour celui du carbonate hydraté,

$$0,282.1,325+0,111.0,923+0,583.0,305+0,024.3,162$$
$$=0,374+0,102+0,178+0,076=0,730\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,73)^3=0,389$. Ce nombre entre dans 15,129 environ 39 fois; c'est donc la division en 32 qui est indiquée. On a ainsi, pour le volume moléculaire de ce carbonate hydraté, d'après sa densité, $\frac{15,129}{32}=0,473$, et pour son nombre affinitaire

$$\sqrt[3]{0,473}=0,779\ .$$

On en déduit, pour le nombre affinitaire x du sodium, l'équation

$$x.0,282+0,102+0,178+0,076=x.0,282+0,356=0,779\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0,779-0,356}{0,282}=\frac{0,423}{0,282}=1,500\ ,$$

nombre notablement plus grand que celui donné par le sodium métallique, et par quelques autres composés de sodium, mais sur l'exactitude du quel on ne peut pas compter beaucoup, à cause que le sodium ne forme pas même le tiers en poids de ce composé. D'après la division indiquée, la molécule de ce sel hydraté ne contiendrait que $\frac{1}{16}$ d'atome de sodium.

Carbonate de soude cristallisé $NaO+CO^2+10H^2O$ de Berzelius. Son poids atomique est, d'après cette formule, 17,92. Sa densité est evaluée 1,423; ainsi on a

R. Università di Torino
ISTITUTO DI FISICA

$$\frac{17,92}{1,423} = 12,593 , \quad \text{et} \quad \frac{12,593}{0,645} = 19,524 .$$

Sa composition en poids est de 0,218 soude, 0,154 acide carbonique, et 0,628 d'eau, qui revient à 0,162 sodium, 0,042 carbone, 0,726 oxigène, et 0,070 hydrogène; cela nous donne en partant du nombre affinitaire du sodium déduit du sodium métallique, et des mêmes nombres ci-dessus du carbone, de l'oxigène et de l'hydrogène,

$$0,162 . 1,325 + 0,042 . 0,923 + 0,726 . 0,305 + 0,070 . 3,162$$
$$= 0,215 + 0,039 + 0,221 + 0,221 = 0,696 ,$$

pour le nombre affinitaire du composé, et $(0,696)^3 = 0,337$ pour son volume moléculaire. Ce nombre entre dans 19,524 près de 58 fois; cela indique la division en 64. On a donc pour le volume moléculaire de ce carbonate hydraté, d'après sa densité, $\frac{19,524}{64} = 0,305$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,305} = 0,673$, d'où l'on tire, pour le nombre x du sodium, l'équation

$$x . 0,162 + 0,039 + 0,221 + 0,221 = x . 0,162 + 0,481 = 0,673 ,$$

et par là

$$x = \frac{0,673 - 0,481}{0,162} = \frac{0,192}{0,162} = 1,185 .$$

Ce nombre parait pécher par défaut, comme le précédent par excès; mais ce composé est encore moins propre que le précédent à donner un nombre exact, le sodium y entrant en quantité beaucoup moindre. Quant à la division de l'atome, à laquelle nous avons étés conduits pour former sa molécule, je rappelerai que le même carbonate à l'état anhydre ne nous avait présenté qu'une division en 8; la molécule de ce carbonate subirait donc une nouvelle division en 8 en s'unissant à 10 at. d'eau pour s'hydrater.

Carbonate de soude moins hydraté que le précédent,

$$NaO + CO^2 + \tfrac{5}{4} H^2O .$$

Cet hydrate particulier se trouve natif, et on l'obtient aussi en faisant

cristalliser une solution de carbonate de soude à une température supérieure à 37°. C'est le natron prismatique de Mons ; sa densité est, selon les minéralogistes, 1,562. Le poids atomique représenté par la formule indiquée étant 8,079, on aura

$$\frac{8,079}{1,562}=5,172, \quad \text{et} \quad \frac{5,172}{0,645}=8,019 .$$

Sa composition en poids est de 0,484 soude, 0,342 acide carbonique, et 0,174 eau, ce qui revient à 0,360 sodium, 0,094 carbone, 0,527 oxigène, 0,019 hydrogène. Son nombre affinitaire, calculé par celui du sodium, déduit de sa densité à l'état métallique, et de ceux des autres composants établis précédemment, serait, d'après cela,

$$0,360 . 1,325 + 0,094 . 0,923 + 0,527 . 0,305 + 0,019 . 3,162$$
$$= 0,477 + 0,087 + 0,161 + 0,060 = 0,785 ,$$

et son volume moléculaire $(0,785)^3 = 0,484$. Ce nombre entre dans 8,019 environ $16\frac{1}{2}$ fois ; il faut donc admettre la division de l'atome ci-dessus en 16, et alors on aura, pour le volume moléculaire de ce composé, $\frac{8,019}{16}=0,501$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,501}=0,794$; et on en déduira, pour déterminer le nombre x du sodium, l'équation

$$x . 0,360 + 0,087 + 0,161 + 0,060 = x . 0,360 + 0,308 = 0,794 ,$$

et par là

$$x=\frac{0,794-0,308}{0,360}=\frac{0,486}{0,360}=1,350 ,$$

nouvelle valeur à ajouter à celles obtenues précédemment, pour en tirer la moyenne. Le carbonate de soude anhydre ne nous ayant offert que la division de l'atome en 8, on voit que ce carbonate devrait subir une nouvelle division en 2 en passant au degré d'hydratation dont il s'agit, et si cet hydrate devait passer à l'état complet d'hydratation précédemment examiné, il devrait encore subir une division en 4.

Sulfate de soude hydraté $NaO + SO^3 + 10H^2O$. Son atome, d'après cette formule, est 20,168. Sa densité est estimée de 1,4 à 1,5 ; moyenne 1,45 ; on a ainsi

$$\frac{20,168}{1,45}=13,909\,, \quad \text{et} \quad \frac{13,909}{0,645}=21,564\,.$$

Sa composition en poids est de 0,194 soude, 0,248 acide sulfurique, et 0,558 eau, ou bien 0,144 sodium, 0,099 soufre, 0,695 oxigène, 0,062 hydrogène, ce qui donnerait pour son nombre affinitaire, toujours d'après celui du sodium déduit de la densité du métal, et d'après les autres données précédentes,

$$0,144.1,325+0,099.1,016+0,695.0,305+0,062.3,162$$
$$=0,191+0,101+0,212+0,196=0,700\,,$$

et pour son volume atomique, le cube de ce nombre, 0,343. Ce dernier nombre entre environ 63 fois dans 21,564, ce qui indique une division en 64; on aura ainsi pour le volume atomique, déduit de la densité du composé, $\frac{21,564}{64}=0,337$, et pour son nombre affinitaire

$$\sqrt[3]{0,337}=0,696\,.$$

On obtient donc, pour déterminer le nombre affinitaire x du sodium, l'équation

$$x.0,144+0,101+0,212+0,196=x.0,144+0,509=0,696\,,$$

d'où

$$x=\frac{0,696-0,509}{0,144}=\frac{0,187}{0,144}=1,299\,,$$

valeur qui ne s'écarte pas beaucoup des autres précédemment trouvées, quoique donnée par un composé où le sodium n'entre qu'en petite proportion. La division en 64 est au reste la même que nous avons trouvé pour le carbonate de soude au même degré d'hydratation.

Sulfate de magnésie hydraté $MgO+SO^3+7H^2O$. D'après cette formule son poids atomique est 15,469. Sa densité est à-peu-près 1,75. On a ainsi

$$\frac{15,469}{1,75}=8,839\,, \quad \text{et} \quad \frac{8,839}{0,645}=13,704\,.$$

La composition en poids est: magnésie 0,167, acide sulfurique 0,324, eau 0,509, ou bien 0,1020 magnésium, 0,1300 soufre, 0,7115 oxigène,

0,0565 hydrogène. En attribuant au magnésium le nombre affinitaire 1,368 que nous a donné le carbonate de magnésie, et employant pour les autres éléments les nombres précédemment indiqués, on aurait, pour celui de ce sulfate hydraté,

$$0,102.1,368+0,130.1,016+0,7115.0,305+0,0565.3,162$$
$$=0,140+0,132+0,217+0,179=0,668\ ,$$

et pour son volume moléculaire, le cube de ce nombre, qui est 0,298. Ce nombre entre environ 46 fois dans 13,704, ce qui nous laisse douteux entre la division en 32 et celle en 64. Si on adoptait la première on aurait $\frac{13,704}{32}=0,428$, dont la racine cubique est 0,754. On aurait ainsi, pour déterminer le nombre affinitaire x du magnésium,

$$x.0,102+0,132+0,217+0,179=x.0,102+0,528=0,754\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0,754-0,528}{0,102}=\frac{0,226}{0,102}=2,216\ ,$$

nombre sans doute trop grand. Si, au contraire, on admet la division en 64, on aura $\frac{13,704}{64}=0,214$, dont la racine cubique est 0,599; on en tirerait

$$x=\frac{0,599-0,528}{0,102}=\frac{0,071}{0,102}=0,696\ ,$$

nombre tout-à-fait inadmissible pour un métal alcaligène. Il parait probable que c'est à la division en 32 qu'il faut s'en tenir, en observant que la petite quantité de magnésium contenue dans ce composé, ne nous permet pas d'attribuer une grande certitude au résultat qu'on en obtient.

Sulfate de zinc hydraté $ZnO+SO^3+7H^2O$. Le poids atomique représenté par cette formule est 17,917. Sa densité est jugée de 1,9 à 2, moyenne 1,95. On a ainsi

$$\frac{17,917}{1,95}=9,188,\quad \text{et}\quad \frac{9,188}{0,645}=14,245\ .$$

La composition en poids est de 0,281 oxide de zinc, 0,280 acide

sulfurique, et 0,439 eau; ce qui revient à 0,225 zinc, 0,112 soufre, 0,614 oxigène, 0,049 hydrogène. En attribuant au zinc le nombre affinitaire déduit de sa densité à l'état métallique, 1,213, on aurait, pour celui de ce composé,

$$0{,}225.1{,}213+0{,}112.1{,}016+0{,}614.0{,}305+0{,}049.3{,}162$$
$$=0{,}273+0{,}114+0{,}187+0{,}155=0{,}729\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(0{,}729)^3=0{,}387$. Ce nombre entre dans 14,245 environ 39 fois; c'est donc la division en 32 qui est indiquée. On aura par là

$$\frac{14{,}245}{32}=0{,}445\ ,\quad \text{et}\quad \sqrt[3]{0{,}445}=0{,}764\ .$$

On a en conséquence, pour déterminer le nombre affinitaire x du zinc, l'équation

$$x.0{,}225+0{,}114+0{,}187+0{,}155=x.0{,}225+0{,}456=0{,}764\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}764-0{,}456}{0{,}225}=\frac{0{,}308}{0{,}225}=1{,}369\ ,$$

nombre plus grand que celui déduit du zinc métallique, mais qui pourra encore entrer dans le calcul de la moyenne. La division en 32, à laquelle nous avons étés conduits, est au reste la même que nous avons crue la plus probable pour le sulfate de magnésie qui a le même degré d'hydratation que celui-ci.

Sulfate ferreux hydraté $FeO+SO^3+6H^2O$. Le poids de l'atome représenté par cette formule, selon l'ancien atome de fer 3,39, serait 16,152. Sa densité se trouve être 1,8 à 1,9; moyenne 1,85. On a ainsi

$$\frac{16{,}152}{1{,}85}=8{,}731\ ,\quad \text{et}\quad \frac{8{,}731}{0{,}645}=13{,}536\ .$$

La composition en poids, selon la même estimation de l'atome du fer, est de 0,272 d'oxidule de fer, 0,310 d'acide sulfurique, et 0,418 d'eau, ou bien fer 0,210, soufre 0,124, oxigène 0,620, hydrogène 0,046. En employant pour le fer le nombre affinitaire, déduit de la densité du fer métallique comparée avec le même atome, savoir 1,114, on aura, pour celui de ce composé

$$0{,}210.1{,}114+0{,}124.1{,}016+0{,}620.0{,}305+0{,}046.3{,}162$$
$$=0{,}234+0{,}126+0{,}189+0{,}145=0{,}694\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(0{,}694)^3=0{,}335$. Ce nombre entre dans 13,536 environ 40 fois; la division la plus prochainement indiquée est donc en 32; le volume moléculaire du composé, déduit de sa densité, devient ainsi $\frac{13{,}536}{32}=0{,}423$, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0{,}423}=0{,}751$. Cela nous donne, pour déterminer le nombre affinitaire x du fer, l'équation

$$x.0{,}210+0{,}126+0{,}189+0{,}145=x.0{,}210+0{,}460=0{,}751\ ,$$

d'où l'on tire

$$x=\frac{0{,}751-0{,}460}{0{,}210}=\frac{0{,}291}{0{,}210}=1{,}386\ ,$$

nombre beaucoup plus grand que celui donné par le fer métallique, et qui porterait le fer à côté des métaux alcaligènes; ce nombre est inadmissible, mais son écart ne doit pas nous surprendre, eu égard à la petite proportion par laquelle le fer entre dans ce composé.

Il est facile de voir qu'un écart à-peu-près semblable aurait lieu en calculant sur la base du nouveau poids atomique du fer 3,50, et je crois inutile en conséquence de rapporter les résultats qu'on obtiendrait.

Sulfate de cuivre hydraté $CuO+SO^3+5H^2O$; le poids atomique, selon cette formule, en est 15,593; sa densité est estimée de 2,2 à 2,3; moyenne 2,25, et l'on a ainsi

$$\frac{15{,}593}{2{,}25}=6{,}930\ ,\quad\text{et}\quad\frac{6{,}930}{0{,}645}=10{,}744\ .$$

La composition en poids est: oxide de cuivre 0,318, acide sulfurique 0,321, eau 0,361; ou bien, cuivre 0,254, soufre 0,129, oxigène 0,577, hydrogène 0,040. En prenant pour le cuivre le nombre affinitaire, déduit de la densité du métal, 1,118, on aurait, pour celui de ce composé,

$$0{,}254.1{,}118+0{,}129.1{,}016+0{,}577.0{,}305+0{,}040.3{,}162$$
$$=0{,}284+0{,}131+0{,}176+0{,}126=0{,}717\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(0{,}717)^3=0{,}369$. Ce nombre entre

dans 10,744 environ 29 fois, ce qui indique la division en 32. On aura donc, pour le volume moléculaire, $\frac{10,744}{32} = 0,336$, et pour le nombre affinitaire

$$\sqrt[3]{0,336} = 0,695,$$

On en tire, pour le nombre x du cuivre, l'équation

$$x.0,254 + 0,131 + 0,176 + 0,126 = x.0,254 + 0,433 = 0,695,$$

d'où

$$x = \frac{0,695 - 0,433}{0,254} = \frac{0,262}{0,254} = 1,032,$$

nombre dont l'écart en moins peut être rejeté de même sur la petite quantité par laquelle le cuivre est contenu dans ce composé (1).

Sulfate de chaux hydraté, ou gypse, $CaO + SO^3 + 2H^2O$. Cette formule donne, pour son poids atomique, 10,821. Sa densité est évaluée de 2,2 à 2,4; moyenne 2,3. On a ainsi

$$\frac{10,821}{2,3} = 4,705, \quad \text{et} \quad \frac{4,705}{0,645} = 7,295.$$

Sa composition en poids est de 0,329 chaux, 0,463 acide sulfurique et 0,208 eau, ou 0,237 calcium, 0,186 soufre, 0,554 oxigène, 0,023 hydrogène. Prenant pour le calcium le nombre affinitaire 1,4 à-peu-près moyen entre ceux donnés par les différens composés de calcium que nous avons déjà considérés, nous aurions, pour celui de ce sulfate hydraté, d'après sa composition,

---

(1) Si l'on partait pour le cuivre du nombre affinitaire 1,015, déduit de la constitution de la molécule du cuivre métallique dont nous avons plusieurs fois parlé dans les notes précédentes, on aurait

$$0,254.1,015 + 0,433 = 0,258 + 0,433 = 0,691;$$

le cube de ce nombre 0,330 entrerait environ $32\frac{1}{2}$ fois dans 10,744, et indiquerait encore plus prochainement la division en 32; en l'admettant on aurait réciproquement, pour le nombre affinitaire du cuivre, le même nombre que ci-dessus 1,032, lequel serait seulement un peu plus grand que 1,015 donné, dans cette hypothèse, par le cuivre métallique.

$$0{,}237.1{,}4+0{,}186.1{,}016+0{,}554.0{,}305+0{,}023.3{,}162$$
$$=0{,}332+0{,}189+0{,}169+0{,}073=0{,}763\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(0{,}763)^3=0{,}444$. Ce nombre entre dans 7,295 environ $16\frac{1}{2}$ fois; en adoptant d'après cela la division de l'atome ci-dessus en 16, on aura, pour le volume moléculaire déduit de la densité du composé, $\frac{7{,}295}{16}=0{,}456$, et pour le nombre affinitaire

$$\sqrt[3]{0{,}456}=0{,}770\ .$$

Il en résulte, pour le nombre x du calcium, l'équation

$$x.0{,}237+0{,}189+0{,}169+0{,}073=x.0{,}237+0{,}431=0{,}770\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0{,}770-0{,}431}{0{,}237}=\frac{0{,}339}{0{,}237}=1{,}430\ ,$$

Nous avons admis dans le sulfate de chaux anhydre, comme la division de l'atome la plus probable, celle en 8; d'après celle que nous venons d'adopter pour le sulfate de chaux hydraté, en 16, il y aurait nouvelle division en 2 dans le passage de l'état anhydre à l'état hydraté.

Alun potassique. La formule chimique de ce sel cristallisé est, comme on sait $Al^2O^3+KO+4SO^3+24H^2O$, et son poids atomique, calculé d'après cette formule, 59,37. Sa densité est évaluée de 1,7 à 1,8; moyenne 1,75. Par là

$$\frac{59{,}37}{1{,}75}=33{,}925\ ,\quad \text{et}\quad \frac{33{,}925}{0{,}645}=52{,}597\ .$$

La composition en poids, déduite de sa formule, est alumine 0,108, potasse 0,099, acide 0,338, eau 0,455, ou bien aluminium 0,058, potassium 0,082, soufre 0,136, oxigène 0,6735, hydrogène 0,0505. Nous avons trouvé pour l'aluminium, d'après la densité de l'alumine, le nombre affinitaire 1,341. En partant de ce nombre, et d'après ceux que nous avons établis ci-dessus pour les autres composants, on aurait, pour celui de l'alun,

$$0{,}058.1{,}341+0{,}082.1{,}279+0{,}136.1{,}016+0{,}6735.0{,}305+0{,}0505.3{,}162$$
$$=0{,}078+0{,}105+0{,}138+0{,}205+0{,}160=0{,}686\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,686)^3 = 0,323$. Ce nombre entre dans 52,597 environ 160 fois ; la puissance de 2, la plus prochaine de ce nombre, est 128. En adoptant donc une division de l'atome ci-dessus en 128, on aura $\frac{52,597}{128} = 0,411$ pour le volume moléculaire de l'alun d'après sa densité, et $\sqrt[3]{0,411} = 0,744$ pour son nombre affinitaire. On en tire, pour celui de l'aluminium x, l'équation

$$x.0,058 + 0,105 + 0,138 + 0,205 + 0,160 = x.0,058 + 0,608 = 0,744 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,744 - 0,608}{0,058} = \frac{0,136}{0,058} = 2,345 ,$$

nombre sans doute très-excessif; mais on pouvait s'attendre à un tel écart pour un résultat tiré d'un composé, où l'aluminium n'entre pas même pour six centièmes du poids total.

Je finirai ici cette première série des composés, dans lesquels le nombre affinitaire d'un seul des composants était à déterminer, ceux des autres composants étant supposés tels que nous les avons déduits de leurs pouvoirs neutralisants; je n'y ai voulu comprendre que les composés des substances les plus repandues en nature, et dont la densité parait plus précisément connue.

Avant de passer à la 2.de série formée des composés qui contiennent deux ou plusieurs substances dont on doit déterminer à la fois les nombres affinitaires, et qui par conséquent exigent des combinaisons de leurs équations soit entr'elles, soit avec celles fournies par les composés précédents, je crois à propos de tirer les moyennes des valeurs des nombres affinitaires des différentes substances, pour lesquelles nous avons déduit ces nombres, de ceux de leurs composés, que nous avons déjà considérés, en y joignant celles présentées par les substances mêmes à l'état isolé. En effet, lorsqu'une de ces substances sera renfermée dans des composés formant la 2.e série, on devrait à la rigueur faire la combinaison des équations fournies par ces derniers, avec toutes celles des composés précédemment examinés, et qui contiennent la même substance, ou, ce qui revient au même, substituer séparément les différentes valeurs, déjà trouvées ainsi pour chaque substance, dans les équations fournies par les composés de la II.e série, dont elles feront partie, pour en déduire les

nombres affinitaires des autres; mais cela serait fort long et entraînerait des calculs en partie inutiles, à cause du peu d'aptitude de quelques-unes de ces combinaisons à donner des résultats exacts. Il suffira donc de substituer dans les équations, qui seront présentées par les composés de la II.e série, les nombres affinitaires moyens déduits des équations précédentes, et qu'on aura jugées les plus propres à donner des valeurs particulières dignes de quelque confiance. Lorsque deux des substances, dont les nombres affinitaires moyens auront été ainsi déterminés, entreront dans un des composés de la II.e série, il en resultera pour chacune d'elles une nouvelle valeur, par la substitution du nombre affinitaire de l'autre dans l'équation de ce composé; et les diverses valeurs nouvelles qu'on obtiendra ainsi devront ensuite être jointes à celles précédemment trouvées, pour en tirer des moyennes définitives. L'analogue soit dit des cas où il y aurait trois de ces substances précédemment considérées, dans un des composés de la 2.e série. Je vais donc rassembler ici les diverses valeurs des nombres affinitaires que nous ont données les composés précédemment examinés pour chacune des substances simples y contenues, à fin d'en déduire les moyennes. Je disposerai pour chaque substance les différentes valeurs trouvées, par ordre de grandeur, avec leurs différences, à fin qu'on puisse juger tout de suite quelles d'entr'elles doivent être exclues de la moyenne, comme s'écartant trop des autres.

Mercure.

Par le protochlorure $Hg+Cl$	0,989	
		0,050
Par le deutoxide $Hg+O$	1,039	
		0,001
Par le protoxide Hg^2+O	1,040	
		0,042
Par le mercure métallique	1,082	
		0,057
Par le sulfure $Hg+S$	1,139	
		0,032.
Par le deutochlorure $Hg+Cl^2$	1,171	

La moyenne de ces 6 valeurs est 1,077, et nous adopterons cette valeur, aucune des valeurs particulières ne s'écartant assez notablement des autres pour devoir être rejétée, à moins qu'on ne se bornât

aux deux valeurs 1,039 et 1,040, qui sont les seules qui soient très-rapprochées.

Plomb.

Par l'oxide $Pb+O$	1,108	
		0,054
Par le chlorure $Pb+Cl^2$	1,162	
		0,004
Par le carbonate	1,166	
		0,010
Par le sulfure $Pb+S$	1,176	
		0,024
Par le suroxide $Pb+O^2$	1,200	
		0,007
Par le plomb métallique	1,207	
		0,035
Par le nitrate	1,242	
		0,052.
Par le sulfate	1,294	

La moyenne de ces 8 valeurs est 1,194; on pourrait peut-être exclure les deux extrêmes 1,108 et 1,294 qui s'écartent un peu plus des autres; mais la moyenne des six valeurs restantes 1,191 serait fort peu différente de la moyenne totale, et nous nous en tiendrons en conséquence à celle-ci, 1,194.

Étain.

Par le protoxide $Sn+O$	1,083	
		0,078
Par l'étain métallique	1,161	
		0,055.
Par le deutoxide $Sn+O^2$	1,216	

Nous n'avons ici que 3 valeurs, qui ne sont pas même bien rapprochées entr'elles; mais l'exclusion d'aucune en particulier n'est indiquée, et la moyenne des trois est 1,153.

Argent.

Par le chlorure	0,883	
		0,045
Par le carbonate	0,928	
		0,013
Par le sulfure	0,941	
		0,000
Par le nitrate	0,941	
		0,013
Par l'oxide	0,954	
		0,046
Par l'argent métallique	1,000	
		0,048.
Par le sulfate	1,048	

La moyenne de ces 7 valeurs est 0,957 ; l'exclusion d'aucune en particulier n'est d'ailleurs indiquée, à moins qu'on ne voulût se borner aux quatre plus rapprochées, en excluant la première et les deux dernières, ce qui donnerait 0,941.

Cuivre.

Par l'oxide $Cu+O$	0,985	
		0,047
Par le sulfate hydraté	1,032	
		0,086
Par le cuivre métallique	1,118	
		0,023
Par le sulfure cuivreux	1,141	
		0,018.
Par le protoxide Cu^2+O	1,159	

Je ne fais pas usage du sulfate anhydre à cause de l'incertitude dans laquelle nous sommes restés sur le système de division de son atome.

La moyenne de ces 5 valeurs est 1,087, et cette moyenne tombant entre les deux nombres 1,032 et 1,118 qui présentent la différence la plus forte dans leurs séries, l'exclusion d'aucune de ces valeurs n'est

indiquée ; on peut donc regarder le nombre 1,087 comme le plus prochainement indiqué par l'ensemble des observations (1).

Fer.

D'après le poids atomique du fer, qui était jusqu'ici admis, on aurait :

Par l'oxide ferroso-ferrique	1,014	
		0,013.
Par le carbonate	1,027	
		0,054.
Par le sulfure $Fe+S^2$	1,081	
		0,033.
Par le fer métallique	1,114	
		0,046.
Par l'oxide ferrique Fe^2+O^3	1,160	

J'ai exclus de ce calcul le nombre tiré du sulfate ferreux hydraté, que nous avons vu s'écarter trop des autres, comme fourni par un composé, dont le fer ne forme qu'une petite portion, et qui par là est moins propre à donner un résultat exact. La moyenne des cinq valeurs serait 1,079, et aucune exclusion n'en parait plus indiquée, en sorte que

---

(1) On aurait un résultat entièrement différent et beaucoup plus petit pour le nombre affinitaire du cuivre, si l'on adoptait, pour le cuivre métallique, la supposition que sa molécule solide n'est que $\frac{3}{2}$ de son atome chimique, au lieu d'en être le double; supposition, dont j'ai indiqué les conséquences relativement aux divers composés du cuivre ; en effet, en rassemblant les résultats, aux quels nous sommes parvenus dans cette hypothèse, nous aurions

Par le sulfate de cuivre anhydre	0,814	
		0,171.
Par l'oxide $Cu+O$	0,985	
		0,029.
Par le sulfure Cu^2+S	1,014	
		0,001.
Par le cuivre métallique	1,015	
		0,017.
Par le sulfate hydraté	1,032	
		0,018.
Par l'oxidule Cu^2+O	1,050	

En écartant le sulfate de cuivre anhydre, la moyenne des autres cinq valeurs est 1,019. Mais je crois devoir m'en tenir, dans l'état actuel de nos connaissances, au système suivi dans le texte.

cette valeur 1,079 est bien celle qui résulterait des observations que nous avons recueillies, d'après le poids atomique du fer y employé; mais le fer ce trouverait ainsi un peu moins électro-positif que le cuivre, comme cela avait déjà lieu dans les nombres déduits simplement des deux métaux à l'état libre; résultat qui se montre en contradiction avec les propriétés connues de ces deux métaux.

Or cette anomalie disparait encore ici comme pour le fer métallique, d'après les résultats donnés par la nouvelle estimation du poids atomique du fer 3,50 au lieu de 3,39; on a alors

Par l'oxide ferroso-ferrique	1,017	
		0,007.
Par le carbonate	1,024	
		0,068.
Par le sulfure	1,092	
		0,034.
Par le fer métallique	1,126	
		0,035.
Par l'oxide ferrique	1,161	

La moyenne de ces 5 valeurs serait 1,085; mais l'exclusion des deux premiers composés est maintenant indiquée, par la différence considérable 0,068 entre le carbonate et le sulfure; et la moyenne des trois autres valeurs se trouve être 1,126, c'est-à-dire précisément celle qui nous avait été donnée par le fer métallique seul.

Zinc.

Par le zinc métallique	1,213	
		0,046.
Par le sulfate anhydre	1,259	
		0,041.
Par le carbonate	1,300	
		0,069.
Par le sulfate hydraté	1,369	

Nous n'avons pas fait usage de l'oxide de zinc, et du sulfure son analogue, à cause du peu d'accord que l'oxide nous a présenté, selon le système que nous avons considéré, dans la division de son atome pour former la molécule.

La moyenne des quatre valeurs ci-dessus est 1,285; mais le dernier résultat doit être exclus comme s'écartant d'avantage des autres, et comme fourni d'ailleurs par un sel hydraté où le zinc entre en petite proportion; la moyenne des trois autres est ainsi 1,257.

Manganèse.

Par l'oxide manganoso-manganique	1,044	
		0,024.
Par le métal	1,068	
		0,003.
Par le carbonate	1,071	
		0,002.
Par l'oxide $Mn+O$	1,073	

La moyenne de ces quatre valeurs, assez d'accord entr'elles, est 1,064.

Cobalt.

Par le cobalt métallique	1,104	
		0,042
Par l'oxide Co^2+O^3	1,146	

La moyenne de ces deux valeurs, les seules que nous ayons établies, est 1,125.

Sodium.

Par le sulfate anhydre	1,018	
		0,067.
Par le carbonate cristallisé	1,185	
		0,109.
Par le carbonate de soude anhydre	1,294	
		0,005.
Par le sulfate hydraté	1,299	
		0,026.
Par le sodium métallique	1,325	
		0,025.
Par le carbonate de soude hydraté a $\frac{5}{4}$ d'at. d'eau	1,350	
		0,150.
Par le sesqui-carbonate cristallisé	1,500	
		0,061.
Par le nitrate	1,561	
		0,006.
Par le chlorure	1,567	

La moyenne de ces 9 valeurs est 1,344; mais il parait convenable d'exclure les deux premières et les trois dernières, comme trop éloignées des autres; la moyenne des quatre restantes se trouve être 1,317. Le sodium serait ainsi un peu plus positif que le potassium.

Silicium.

Nous avons vu que la valeur de son nombre affinitaire, déduite de la densité de la silice, est 1,033 ou 0,752, selon qu'on admet dans l'atome chimique de la silice, tel que nous l'avons supposé, la division en 8 ou en 16, pour former sa molécule; mais nous avons cru devoir nous en tenir à la première de ces valeurs.

Aluminium.

Nous n'avons qu'une seule valeur de son nombre affinitaire, déduite de la densité des pierres formées en entier d'alumine, savoir 1,341. Celle donnée par l'alun potassique est évidemment excessive, et nous n'en ferons pas usage, comme fournie d'ailleurs par un composé, où l'aluminium n'entre qu'en petite quantité (1).

Bore.

Par l'acide borique hydraté 0,636

0,255.

Par l'acide anhydre 0,891

Ces deux nombres sont peu d'accord entr'eux, et comme le premier n'est donné que par un hydrate, dont le bore ne forme qu'une portion assez petite en poids, on peut s'en tenir pour le moment au nombre 0,891 fourni par l'acide anhydre.

---

(1) D'après la note placée à l'article de l'alumine, en faisant concourir avec la densité de l'alumine celle de l'aluminium selon M. WOEHLER, on aurait en moyenne 1,30 environ, au lieu de 1,341; mais nous nous en tiendrons encore ici à ce dernier nombre, qui en diffère assez peu.

Arsénic.

Par l'acide arsénieux	1,045	
		0,037.
Par l'arsénic métallique	1,082	

Nous devons nous borner à ces deux valeurs passablement d'accord entr'elles, les deux sulfures d'arsénic nous ayant présenté un système douteux de division de leurs atomes. La moyenne de ces deux valeurs est 1,064.

Antimoine.

Par l'antimoine métallique	1,118	
		0,003.
Par l'oxide antimonique $Sb^2 + O^3$	1,121	
		0,001.
Par l'acide antimonieux $Sb + O^2$.....	1,122	
		0,036.
Par le sulfure d'antimoine	1,158	

La valeur par l'antimoine métallique est celle fondée sur la supposition que la molécule en soit les $\frac{3}{4}$ de l'atome chimique; celles relatives à ses trois composés sont déduites du système de division que nous y avons cru le plus probable d'après cette supposition. La moyenne des quatre valeur est 1,130; l'exclusion d'aucune des valeurs particulières ne parait évidemment indiquée.

Bismuth.

Nous suspendons tout jugement sur le nombre affinitaire de ce métal, jusqu'à ce que le système chimique de ses oxides soit bien constaté.

Chrome.

Par l'oxide de chrome	1,165	
		0,006.
Par le chrome métallique	1,171	
		0,112.
Par le chromate de potasse	1,283	

La valeur relative au métal est celle donnée par la supposition que

sa molécule soit $\frac{3}{2}$ de son atome chimique. La moyenne des trois valeurs est 1,206; mais la dernière s'écarte trop des deux autres, pour être admise; la moyenne des deux restantes, à laquelle nous nous tiendrons, est 1,168 (1).

Molybdène.

Par le sulfure	1,134	
		0,039.
Par le molybdène métallique	1,173	
		0,098.
Par l'oxide	1,271	
		0,079.
Par l'acide molybdique	1,350	

La molécule du métal est encore supposée ici $\frac{3}{2}$ de son atome chimique. L'exclusion d'aucune des quatre valeurs ne parait clairement indiquée. Leur moyenne est 1,232.

Tungstène.

Par l'acide tungstique	1,145	
		0,022.
Par le tungstène métallique	1,167	

La constitution de la molécule du métal est supposée analogue à celle des deux métaux précédents. La moyenne des deux nombres, assez d'accord entr'eux, est 1,156.

Barium.

Par le chlorure	1,255	
		0,049.
Par le carbonate	1,304	
		0,150.
Par le nitrate	1,454	
		0,026.
Par le sulfate	1,480	

(1) Si on adoptait le nouvel atome du chrome de M. PELIGOT 3,28, la moyenne des deux valeurs correspondantes à celles-là, 1,160 et 1,144, serait 1,152, ce qui supposerait le chrome un peu moins électro-positif que le calcul par l'atome de BERZELIUS ne nous le donne ici, et s'accorderait peut-être mieux avec les propriétés électro-chimiques de ce métal; mais nous nous en tiendrons pour le moment au résultat déduit de l'atome du chrome admis par BERZELIUS.

La moyenne de ces quatre nombres est 1,373; aucun d'eux ne s'écarte assez de cette moyenne pour pouvoir être exclu.

Strontium.

Par le chlorure	1,362	
		0,025.
Par le carbonate	1,387	
		0,228.
Par le nitrate	1,615	
		0,005.
Par le sulfate	1,620	

La moyenne de ces quatre valeurs serait 1,496 ; mais ce nombre parait évidemment excessif, et d'ailleurs les deux dernièrs nombres diffèrent trop des deux premiers, pour qu'on puisse les faire entrer ensemble dans le calcul de la moyenne. Il parait donc qu'il faut s'en tenir aux deux premiers dont la moyenne est 1,374. Le nombre affinitaire du strontium serait ainsi fort peu different de celui du barium.

Calcium.

Par le carbonate de chaux, arragonite	1,198	
		0,064.
Par le carbonate de chaux, spath calcaire	1,262	
		0,168.
Par le sulfate de chaux hydraté, gypse	1,430	
		0,063.
Par le sulfate de chaux anhydre	1,493	
		0,078.
Par le chlorure de calcium	1,571	

La moyenne de ces cinq valeurs serait 1,391 ; mais comme la valeur 1,571 est évidemment trop grande, on peut s'en tenir à la moyenne des quatre autres, qui est 1,346; cette moyenne est alors à-peu-près également éloignée des deux extrèmes qu'on y a fait concourir 1,198 et 1,493.

Magnesium.

Nous n'avons pour cette substance qu'un seul composé dont nous puissions faire usage, le carbonate de magnésie, qui nous a donné, pour

le nombre affinitaire du magnésium, 1,368; la valeur fournie par le sulfate de magnésie anhydre 1,904 est visiblement excessive, et quant au sulfate de magnésie hydraté, nous avons gardé quelque doute sur le système de division de l'atome qu'on pouvait y admettre, sans sortir des limites de la vraisemblance sur le nombre affinitaire du magnésium; ce qui n'a rien de surprenant, comme nous l'avons remarqué, vu la très-petite quantité de magnésium qui en fait partie (1).

II.ème Série.

Composés qui contiennent deux éléments dont le nombre affinitaire doit être déterminé par leur densité.

Borate de soude hydraté, ou borax; sa composition atomique est représentée selon Berzelius par la formule $NaO+2BO^3+10H^2O$; dans la supposition que nous avons crue la plus probable sur l'atome du bore, il faudrait écrire $2B^2O^3$ dans cette formule, au lieu de $2BO^3$; mais cela n'influe point sur le poids atomique du composé, qui est, d'après cette formule, 23,881. La densité du borax est estimée de 1,5 à 1,7; moyenne 1,6, nous avons ainsi

$$\frac{23,881}{1,6}=14,926, \quad \text{et} \quad \frac{14,926}{0,645}=23,141 .$$

Sa composition en poids est de 0,365 acide, 0,164 soude et 0,471 eau, ce qui revient, calcul fait de la composition de ces composants immédiats, à 0,114 bore, 0,122 sodium, 0,052 hydrogène et 0,712 oxigène. Si nous admettons pour le bore le nombre affinitaire 0,891 que nous avons déduit de la densité de l'acide borique, pour le sodium le nombre 1,317, tel que nous l'avons établi ci-dessus par une moyenne entre les résultats donnés par ses différents composés, et pour l'oxigène et

(1) Nous avons vu que, selon la densité que M. Woehler a trouvé au magnésium métallique, son nombre affinitaire serait 1,380; la moyenne entre ce nombre, et 1,368, serait 1,374; mais nous pouvons nous en tenir au nombre 1,368, tant que nous n'aurons pas un plus grand nombre de composés de magnésium à faire concourir à sa détermination.

l'hydrogène ceux dont nous avons fait usage jusqu'ici, nous aurons, pour le nombre affinitaire calculé de ce composé,

$$0,114.0,891+0,122.1,317+0,052.3,162+0,712.0,305$$
$$=0,102+0,161+0,164+0,217=0,644\ ,$$

et pour le volume moléculaire $(0,644)^3=0,267$. Ce nombre entre dans 23,141 environ 87 fois; la division la plus prochainement indiquée, quoique avec un écart considérable, est celle en 64. En l'admettant, on aurait, pour le volume moléculaire du borax déduit de sa densité, $\frac{23,141}{64}=0,362$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,362}=0,713$. Cela posé, si l'on considère maintenant les nombres affinitaires du bore, et du sodium comme deux inconnues x, y, on aura entr'elles cette relation, déduite de la densité du borax,

$$0,114.x+0,122.y+0,164+0,217=0,713\ ,$$

ou

$$0,114.x+0,122.y+0,381=0,713\ .$$

Si l'on combinait cette équation avec chacune des équations précédemment fournies par le sodium et ses divers composés, c'est-à-dire si en y substituait pour y le nombre affinitaire du sodium que nous avons déduit de chacune d'elle, on obtiendrait autant de valeurs de x, nombre affinitaire du bore; mais par la raison indiquée plus haut nous nous contenterons d'y substituer la valeur moyenne même de y que nous avons admise par la considération de l'ensemble des composés du sodium, 1,317, dont nous venons déjà de faire usage pour établir le système de division de l'atome à supposer dans le borate hydraté, savoir nous y ferons

$$0,122.y=0,122.1,317=0,161\ ;$$

nous aurons ainsi, pour déterminer x, l'équation

$$0,114.x+0,161+0,381=0,114.x+0,542=0,713\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0,713-0,542}{0,114}=\frac{0,171}{0,114}=1,500\ .$$

Mais cette valeur s'écarte trop de celle que nous avons déduite de la

densité de l'acide borique anhydre, dans le système de division qui nous a semblé le plus probable, savoir 0,891, pour que nous puissions la faire concourir avec elle à établir, par une moyenne, le nombre affinitaire du bore.

D'un autre côté si on substitue au lieu de x, dans l'équation ci-dessus en x et y, le nombre affinitaire du bore 0,891, dont nous venons de parler, on pourra en tirer une valeur de y, c'est-à-dire du nombre affinitaire du sodium, différente de celles trouvées précédemment par le sodium métallique, et par ses composés. Nous aurons en effet l'équation

$$0,102 + 0,122.y + 0,381 = 0,122.y + 0,483 = 0,713 ,$$

d'où

$$y = \frac{0,713 - 0,483}{0,122} = \frac{0,230}{0,122} = 1,885 ;$$

mais ce nombre est aussi évidemment excessif pour le sodium, que 1,500 pour le bore, et nous ne pouvons pas en faire usage pour modifier la valeur moyenne que nous en avons déjà obtenue, 1,317.

Il est facile de s'assurer qu'on trouverait des résultats encore moins admissibles, en sens opposé, savoir des valeurs excessivement petites pour x et y, si on voulait admettre dans le borate de soude hydraté une division de l'atome en 2 de plus que nous ne l'avons supposé ci-dessus, et se servir de l'équation qui en résulterait d'une manière analogue à celle que nous venons d'employer. Et nous devons en conclure que ce composé n'est pas propre, du moins avec la densité qu'on lui a attribuée, à nous donner des valeurs un peu exactes des nombres affinitaires ni du bore, ni du sodium, substances qui n'y entrent d'ailleurs qu'en trop petite quantité.

Glauberite. Ce minéral est composé d'un atome de sulfate de chaux, et d'un atome de sulfate de soude; son poids atomique, en ne supposant point de division, est d'après cela

$$8,572 + 8,921 = 17,493 .$$

Sa densité est indiquée par les minéralogistes de 2,7 à 2,8; moyenne 2,75. On a donc

$$\frac{17,493}{2,75} = 6,361 , \quad \text{et} \quad \frac{6,361}{0,645} = 9,862 .$$

La composition en poids est de 0,490 de sulfate de chaux, et 0,510 de sulfate de soude, ce qui revient à 0,203 de chaux, 0,223 de soude et 0,574 d'acide sulfurique, ou bien 0,146 de calcium, 0,166 de sodium, 0,230 de soufre, et 0,458 d'oxigène. En admettant pour le nombre affinitaire du calcium 1,346, et pour celui du sodium 1,317, moyennes auxquelles nous nous sommes arrêtés plus haut, et pour le soufre et l'oxigène les nombres précédemment établis, nous aurons pour le nombre affinitaire calculé de ce composé

$$0,146.1,346+0,166.1,317+0,230.1,016+0,458.0,305$$
$$=0,197+0,219+0,234+0,140=0,790\ .$$

Le volume moléculaire correspondant serait $(0,79)^3=0,493$, nombre qui entre 20 fois dans 9,862. Cela indique, pour le composé dont il s'agit, la division de son atome ci-dessus en 16 pour former la molécule. On aura ainsi $\frac{9,862}{16}=0,616$ pour son volume moléculaire, et

$$\sqrt[3]{0,616}=0,851$$

pour son nombre affinitaire. En conséquence, en désignant par x le nombre affinitaire du calcium et par y celui du sodium, on aura, entre ces deux inconnues, l'équation

$$x.0,146+y.0,166+0,234+0,140$$
$$=x.0,146+y.0,166+0,374=0,851\ ,$$

Nous pouvons introduire dans cette équation pour y la valeur moyenne du nombre affinitaire du sodium trouvée précédemment, pour en obtenir une valeur de celui x du calcium, ou bien pour x la valeur moyenne du nombre affinitaire du calcium, déterminée de même ci-dessus par les différens composés du calcium, pour en avoir une nouvelle valeur pour celui y du sodium.

Par la première substitution on aura

$$x.0,146+0,219+0,374=x.0,146+0,593=0,851\ ,$$

d'où

$$x=\frac{0,851-0,593}{0,146}=\frac{0,258}{0,146}=1,768\ ,$$

nombre qui s'écarte trop de la valeur moyenne que nous avions déjà trouvée pour le nombre affinitaire du calcium, pour qu'on puisse s'en servir à modifier celle-ci.

Par la seconde substitution, il viendra

$$0,197 + y \,.\, 0,166 + 0,374 = y \,.\, 0,166 + 0,571 = 0,851 \ ,$$

d'où

$$y = \frac{0,851 - 0,571}{0,166} = \frac{0,280}{0,166} = 1,687 \ ,$$

nombre trop considérable aussi pour le faire entrer dans la détermination de la valeur moyenne de ce nombre pour le sodium.

Encore ici la petite proportion par laquelle le calcium, et le sodium entrent dans le composé le rend peu propre à donner des résultats exacts pour leurs nombres affinitaires.

Fluorure de calcium, spath-fluor. D'après la formule $Ca + F^2$ son atome a le poids 4,898; la densité du spath-fluor est estimée de 3,1 à 3,2; moyenne 3,15; on a donc

$$\frac{4,898}{3,15} = 1,555 \ , \quad \text{et} \quad \frac{1,555}{0,645} = 2,411 \ .$$

Si nous supposons, par analogie avec le chlorure de calcium, que l'atome y subit une division en 4 pour former la molécule, le volume moléculaire déduit de la densité sera $\frac{2,411}{4} = 0,603$, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,603} = 0,845$. La composition en poids est de 0,523 calcium, et 0,477 fluor. En désignant donc par x le nombre affinitaire du calcium, et par y celui du fluor, on aura l'équation

$$0,523 \,.\, x + 0,477 \,.\, y = 0,845 \ .$$

Si l'on introduit dans cette équation la valeur moyenne de x ou du nombre affinitaire du calcium, établie ci-dessus, 1,346, elle devient

$$0,523 \,.\, 1,346 + 0,477 \,.\, y = 0,704 + 0,477 \,.\, y = 0,845 \ ,$$

d'où

$$y = \frac{0,845 - 0,704}{0,477} = \frac{0,141}{0,477} = 0,296 \ .$$

D'après ce résultat le nombre affinitaire du fluor serait à-peu-près égal, et encore un peu inférieur à celui de l'oxigène. Les propriétés du fluor annoncent en effet une grande affinité avec les substances électro-positives, et par là un pouvoir électro-négatif très-considérable; mais on pourrait douter qu'il fût si rapproché à cet égard de l'oxigène. Si d'après cela on n'admettait dans le fluorure de calcium que la division de l'atome en 2, au lieu de celle en 4, le volume moléculaire de ce composé serait $\frac{2,411}{2} = 1,205$, et le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,205} = 1,064$; en introduisant dans l'équation, qui en résulterait, le nombre affinitaire ci-dessus du calcium, celui du fluor deviendrait

$$y = \frac{1,064 - 0,704}{0,477} = \frac{0,360}{0,477} = 0,755 ,$$

et ainsi seulement un peu moindre que celui du chlore; et ce résultat est peut-être le plus probable, quoiqu'on renonce par là à l'analogie du système de division de l'atome entre le chlorure, et le fluorure du calcium. La chose ne pourrait être décidée que par la considération d'autres composés du fluor; mais nous pouvons admettre provisoirement pour le fluor ce nombre 0,755.

Borate de magnésie basique $3MO + 4BO^3$ de Berzelius ; ce sel constitue le minéral connu sous le nom de *boracite*; selon l'atome que nous avons cru le plus probable pour le bore, la seconde partie de cette formule devrait s'écrire $4B^2O^3$; mais cela ne change rien à son poids atomique qui doit être 25,199. La densité de la boracite a été trouvée par les minéralogistes de 2,9 à 3; moyenne 2,95. On a ainsi

$$\frac{25,199}{2,95} = 8,542, \quad \text{et} \quad \frac{8,542}{0,645} = 13,243 .$$

Sa composition en poids est de 0,308 magnésie, et 0,692 acide borique, ce qui revient à 0,189 magnésium, 0,216 bore et 0,595 oxigène. D'après cela si on prenait pour le magnésium le nombre affinitaire 1,368, et pour le bore celui 0,891 que nous avons adopté provisoirement, on aurait, pour celui de ce composé,

$$0,189 . 1,368 + 0,216 . 0,891 + 0,595 . 0,305$$
$$= 0,259 + 0,192 + 0,181 = 0,632 ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,632)^3 = 0,252$. Ce nombre entre dans 13,243 environ 53 fois ; c'est donc la division en 64 qui est le plus prochainement indiquée. On aura en conséquence pour le volume moléculaire du composé dont il s'agit, d'après sa densité, $\frac{13,243}{64} = 0,207$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,207} = 0,591$. Ainsi, en désignant par x le nombre affinitaire du magnésium, et par y celui du bore, regardés comme inconnus, on aura entr'eux l'équation

$$0,189.x + 0,216.y + 0,181 = 0,591 .$$

Si maintenant on substitue à y dans cette équation la valeur précédente du nombre affinitaire du bore 0,891, on aura

$$0,189.x + 0,192 + 0,181 = 0,189.x + 0,373 = 0,591 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,591 - 0,373}{0,189} = \frac{0,218}{0,189} = 1,153 ,$$

pour nouvelle valeur du nombre affinitaire du magnésium. Si au contraire on substitue à x, dans cette même équation, le nombre 1,368 que nous avons trouvé plus haut pour le magnésium, on aura, pour déterminer y, l'équation

$$0,259 + 0,216.y + 0,181 = 0,216.y + 0,440 = 0,591 ,$$

d'où

$$y = \frac{0,591 - 0,440}{0,216} = \frac{0,151}{0,216} = 0,699 ,$$

pour nouvelle valeur du nombre affinitaire du bore. La valeur 1,153 pour le magnésium est évidemment trop petite pour un métal alcaligène, et nous ne nous en servirons pas pour modifier celle que nous en avons déjà admise 1,368. Quant à celle du bore 0,699 on pourrait être tenté de la prendre en considération pour la fixation définitive du nombre affinitaire du bore, conjointement à celle que nous avons trouvée précédemment 0,891 ; mais la moyenne en serait 0,795, nombre qui paraît encore trop petit pour être admis. Nous croyons donc devoir nous en tenir au seul nombre 0,891.

Chromate de plomb. Ce composé, d'après sa formule $PbO+CrO^3$, a pour poids atomique 20,463. Sa densité, comme espèce minéralogique, est estimée de 6 à 6,1 ; moyenne 6,05. On a ainsi

$$\frac{20,463}{6,05}=3,382\ , \quad \text{et} \quad \frac{3,382}{0,645}=5,243\ .$$

La composition en poids est 0,682 d'oxide de plomb, et 0,318 d'acide chromique, ou 0,633 de plomb, 0,172 de chrome, et 0,195 d'oxigène. Si nous prenons pour le plomb le nombre 1,194, et pour le chrome le nombre 1,168, nombres aux quels nous nous sommes arrêtés ci-dessus, nous aurons, pour le nombre affinitaire du composé,

$$0,633.1,194+0,172.1,168+0,195.0,305$$
$$=0,756+0,201+0,059=1,016\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(1,016)^3=1,049$. Ce nombre entre dans 5,243 environ 5 fois, ce qui indique une division de l'atome ci-dessus en 4 pour former la molécule. On a ainsi $\frac{5,243}{4}=1,311$ pour le volume moléculaire, et $\sqrt[3]{1,311}=1,094$ pour le nombre affinitaire. En désignant maintenant par x, y les nombres affinitaires du plomb, et du chrome respectivement, on aura entr'eux la relation

$$0,633.x+0,172.y+0,059=1,094\ .$$

En mettant pour y la valeur ci-dessus du nombre affinitaire du chrome 1,168, on en obtient, pour déterminer celui du plomb par le moyen de ce composé, l'équation

$$0,633.x+0,201+0,059=0,633.x+0,260=1,094\ ,$$

d'où

$$x=\frac{1,094-0,260}{0,633}=\frac{0,834}{0,633}=1,318\ .$$

Si au contraire on substitue à x dans la même équation la valeur moyenne du nombre affinitaire, trouvée précédemment pour le plomb, 1,194, elle nous donnera

$$0,756+0,172.y+0,059=0,172.y+0,815=1,094\ ,$$

d'où

$$y=\frac{1,094-0,815}{0,172}=\frac{0,279}{0,172}=1,620\ ,$$

pour le nombre affinitaire du chrome. Cette dernière valeur est tout-à-fait inadmissible par sa grandeur; et l'écart en peut être attribué à la petite quantité du chrome qui se trouve dans le chromate de plomb. Quant à la nouvelle valeur que ce composé nous donnerait pour le nombre affinitaire du plomb, 1,318, elle est encore un peu plus grande que la limite de celles trouvées précédemment, et des quelles nous avons pris la moyenne, et il ne parait pas non plus convenable d'en faire usage pour modifier celle-ci.

Molybdate de plomb $PbO+MoO^3$. D'après cette formule, l'atome de ce composé a pour poids 22,930. Sa densité est evaluée par les minéralogistes de 6,6 à 6,8; moyenne 6,7. On a ainsi

$$\frac{22,930}{6,7}=3,422\ ,\quad \text{et}\quad \frac{3,422}{0,645}=5,305\ .$$

La composition en poids est de 0,608 oxide de plomb, et 0,392 acide molybdique, ou 0,564 plomb, 0,261 molybdène, 0,175 oxigène. En employant ici pour le plomb et le molybdène les valeurs moyennes de leurs nombres affinitaires trouvées précédemment 1,194, et 1,232, on aurait, pour celui du composé,

$$0,564.1,194+0,261.1,232+0,175.0,305$$
$$=0,673+0,322+0,053=1,048\ ,$$

et pour son volume moléculaire $(1,048)^3=1,151$. Ce nombre entre dans 5,305 environ 5 fois; la division en 4 est donc indiquée. En l'adoptant on aura $\frac{5,305}{4}=1,326$ pour le volume affinitaire déduit de la densité, et $\sqrt[3]{1,326}=1,099$ pour le nombre affinitaire. Cela donne, pour la relation entre les nombres affinitaires x, y du plomb, et du molybdène, l'équation

$$0,564.x+0,261.y+0,053=1,099\ .$$

Si on met pour y, dans cette équation, le nombre ci-dessus du molybdène 1,232, on a

$$0{,}564.x + 0{,}322 + 0{,}053 = 0{,}564.x + 0{,}375 = 1{,}099 ,$$

et par là, pour nouvelle valeur du nombre affinitaire du plomb,

$$x = \frac{1{,}099 - 0{,}375}{0{,}564} = \frac{0{,}724}{0{,}564} = 1{,}283 ,$$

dont on pourra tenir compte. En substituant au contraire pour x la valeur précédemment trouvée en moyenne pour le nombre affinitaire du plomb 1,194, l'équation deviendra

$$0{,}673 + 0{,}261.y + 0{,}053 = 0{,}261.y + 0{,}726 = 1{,}099 ,$$

et donnera

$$y = \frac{1{,}099 - 0{,}726}{0{,}261} = \frac{0{,}373}{0{,}261} = 1{,}429 ;$$

nombre trop grand pour que nous puissions l'employer à modifier la moyenne du nombre affinitaire du molybdène ; on peut l'attribuer en partie à ce que le molybdène n'entre que pour environ un quart dans le poids du composé.

Tungstate de plomb. Son atome, d'après la formule $PbO + WO^3$, est 28,775 ; et sa densité est estimée de 8 à 8,1 ; moyenne 8,05. On a donc

$$\frac{28{,}775}{8{,}05} = 3{,}574 , \quad \text{et} \quad \frac{3{,}574}{0{,}645} = 5{,}541 .$$

La composition en poids est de 0,485 d'oxide de plomb et 0,515 acide tungstique, et revient à 0,450 de plomb, 0,411 tungstène, 0,139 oxigène. En attribuant au plomb et au tungstène les nombres affinitaires, que nous avons déduits de la première série de composés, 1,194, et 1,156, nous aurons, pour celui de ce composé,

$$0{,}450.1{,}194 + 0{,}411.1{,}156 + 0{,}139.0{,}305$$
$$= 0{,}537 + 0{,}464 + 0{,}042 = 1{,}043 ,$$

et pour le volume moléculaire $(1{,}043)^3 = 1{,}135$. Ce nombre entre dans

5,541 un peu moins de 5 fois, ce qui indique la division en 4. On aura ainsi pour le volume moléculaire $\frac{5,541}{4} = 1,385$, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{1,385} = 1,115$. On a par là entre les nombres affinitaires x et y du plomb et du tungstène, regardés maintenant comme inconnus, l'équation

$$0,450.x + 0,411.y + 0,042 = 1,115 .$$

En faisant $x = 1,194$, nombre affinitaire du plomb, on aura, pour celui du tungstène, l'équation

$$0,537 + 0,411.y + 0,042 = 0,579 + 0,411.y = 1,115 ,$$

d'où

$$y = \frac{1,115 - 0,579}{0,411} = \frac{0,536}{0,411} = 1,304 .$$

En faisant au contraire $y = 1,156$, nombre trouvé ci-dessus pour le tungstène, il viendra, pour celui du plomb,

$$0,450.x + 0,464 + 0,042 = 0,450.x + 0,506 = 1,115 ,$$

d'où

$$x = \frac{1,115 - 0,506}{0,45} = \frac{0,609}{0,45} = 1,353 .$$

L'un et l'autre de ces nombres s'écartent trop en plus de la valeur respective du nombre affinitaire du tungstène et du plomb, trouvée précédemment par une moyenne entre plusieurs composés, pour qu'on puisse les employer à modifier ces nombres.

Tungstate de chaux $CaO + WO^3$. D'après cette formule son atome est 18,390. La densité de ce composé est estimée de 6 à 6,1; moyenne 6,05; on en déduit

$$\frac{18,39}{6,05} = 3,040 , \quad \text{et} \quad \frac{3,040}{0,645} = 4,713 .$$

Sa composition en poids est de 0,194 de chaux, et 0,806 d'acide, ou bien de 0,139 calcium, 0,643 tungstène et 0,218 oxigène. En admettant comme plus haut 1,346 pour le nombre affinitaire du calcium, et 1,156 pour le nombre du tungstène, on aurait, pour celui du composé,

$$0{,}139 . 1{,}346 + 0{,}643 . 1{,}156 + 0{,}218 . 0{,}305$$
$$= 0{,}187 + 0{,}743 + 0{,}066 = 0{,}996 ;$$

et pour le volume moléculaire $(0{,}996)^3 = 0{,}988$. Ce nombre entre dans 4,713 environ $4\frac{3}{4}$ fois; c'est encore la division en 4 qui est indiquée. En l'adoptant on a $\frac{4{,}713}{4} = 1{,}178$ pour le volume moléculaire, et

$$\sqrt[3]{1{,}178} = 1{,}056$$

pour le nombre affinitaire correspondant du composé. Cela nous donne, pour la relation entre les nombres affinitaires du calcium, et du tungstène, que nous désignerons maintenant par x, et y, l'équation

$$0{,}139 . x + 0{,}643 . y + 0{,}066 = 1{,}056 .$$

En y substituant pour x le nombre ci-dessus employé pour le calcium 1,346, on aura, pour déterminer celui du tungstène, l'équation

$$0{,}187 + 0{,}643 . y + 0{,}066 = 0{,}643 . y + 0{,}253 = 1{,}056 ,$$

d'où

$$y = \frac{1{,}056 - 0{,}253}{0{,}643} = \frac{0{,}803}{0{,}643} = 1{,}249 ,$$

nombre qu'on pourra faire concourir avec ceux précédemment trouvés pour en obtenir la valeur moyenne définitive. Si au contraire on fait dans la même équation $y = 1{,}156$, valeur précédemment employée du nombre affinitaire du tungstène, elle deviendra

$$0{,}139 . x + 0{,}743 + 0{,}066 = 0{,}139 . x + 0{,}809 = 1{,}056 ,$$

d'où

$$x = \frac{1{,}056 - 0{,}809}{0{,}139} = \frac{0{,}247}{0{,}139} = 1{,}777 ,$$

nombre évidemment excessif pour le calcium, et dont nous ne pouvons faire usage; aussi le calcium n'entre-t-il dans ce composé que pour une petite quantité en poids.

Arseniate de chaux hydraté $2\,CaO + As^2O^5 + 6\,H^2O$. Cette composition, qui donne pour l'atome le poids 28,270, est celle du minéral connu

sous le nom de pharmacolithe, dont la densité est estimée 2,73. On a ainsi

$$\frac{28,27}{2,73} = 10,355, \quad \text{et} \quad \frac{10,355}{0,645} = 16,054 .$$

La composition en poids est de 0,252 chaux, 0,509 acide arsénique, et 0,239 eau, ou bien 0,181 calcium, 0,332 arsénic, 0,027 hydrogène, 0,460 oxigène. Si nous admettons pour le calcium le nombre affinitaire 1,346, et pour celui de l'arsénic 1,066, d'après les valeurs moyennes trouvées précédemment, nous aurons, pour celui de ce composé,

$$0,181 . 1,346 + 0,332 . 1,066 + 0,027 . 3,162 + 0,46 . 0,305$$
$$= 0,244 + 0,354 + 0,085 + 0,140 = 0,823 ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,823)^3 = 0,557$. Ce nombre entre dans 16,054 près de 29 fois; cela conduit à admettre la division en 32; on aura ainsi, pour le volume moléculaire déduit de la densité du composé, $\frac{16,054}{32} = 0,502$, et pour le nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,502} = 0,795$. En considérant donc, maintenant, les nombres affinitaires du calcium, et de l'arsénic comme des inconnues x, et y, on aura entr'elles l'équation

$$0,181 . x + 0,332 . y + 0,085 + 0,140$$
$$= 0,181 . x + 0,332 . y + 0,225 = 0,795 .$$

Substituant dans cette équation pour x la valeur ci-dessus 1,346, nombre affinitaire du calcium, on en aura

$$0,244 + 0,332 . y + 0,225 = 0,332 . y + 0,469 = 0,795 ,$$

d'où

$$y = \frac{0,795 - 0,469}{0,332} = \frac{0,326}{0,332} = 0,982 ,$$

pour nouvelle valeur du nombre affinitaire de l'arsénic. Et mettant au contraire pour y la valeur ci-dessus du nombre affinitaire de l'arsénic 1,066, on aura, pour la nouvelle valeur du nombre x du calcium, l'équation

$$0,181 . x + 0,354 + 0,225 = 0,181 . x + 0,579 = 0,795 ,$$

d'où

$$x=\frac{0,795-0,579}{0,181}=\frac{0,216}{0,181}=1,193 .$$

L'un et l'autre de ces nombres sont trop petits pour qu'on puisse s'en servir à modifier les valeurs moyennes que nous avons déjà obtenues pour les nombres affinitaires de l'arsénic, et du calcium. Il est au reste à remarquer que le calcium, qui offre l'écart le plus grand n'entre pas même pour un cinquième dans le poids du composé.

Feldspath potassique, orthose ou orthoclase des minéralogistes. La composition atomique de ce minéral est en atomes de Berzelius de 1 atome d'alumine, 1 atome de potasse, et 4 atomes de silice, ce qui donne, quelle qu'en soit la vraie constitution, le poids atomique 35,414. La densité de ce feldspath peut être estimée par une moyenne 2,54. On aura ainsi

$$\frac{35,414}{2,54}=13,943, \quad \text{et} \quad \frac{13,943}{0,645}=21,617 .$$

La composition en poids se trouve, d'après celle atomique indiquée, de 0,181 alumine, 0,166 potasse, et 0,653 de silice, ce qui revient à 0,096 aluminium, 0,138 potassium, 0,313 silicium, 0,453 oxigène. En employant, pour la détermination du système de division de l'atome à admettre dans ce composé, conjointement avec le nombre affinitaire du potassium établi dans le § 2.e, et avec celui de l'aluminium déduit de la densité de l'alumine, savoir 1,341, la valeur du nombre affinitaire du silicium que nous avons cru pouvoir se tirer le plus probablement de la densité de la silice, savoir 1,033, nous aurons, pour le nombre affinitaire du feldspath potassique,

$$0,096.1,341+0,138.1,279+0,313.1,033+0,453.0,305$$
$$=0,129+0,177+0,323+0,138=0,767 ,$$

et pour son volume moléculaire $(0,767)^3=0,451$. Ce nombre entre dans 21,617 environ 48 fois, quotient qui est intermédiaire entre 32, et 64. On reste donc dans le doute sur la division de l'atome à admettre en 32 ou en 64 parties pour former la molécule. Mais il est facile de s'assurer qu'en supposant la division en 32 seulement, et admettant pour l'aluminium le nombre 1,341, on serait conduit pour le nombre affinitaire du silicium, qui est celui des composants qui entre dans la plus

grande proportion après l'oxigène, a une valeur trop considérable pour être admise. Il n'en est pas de même de la division en 64; en l'adoptant on a, pour le volume moléculaire du composé déduit de sa densité, $\frac{21,617}{64} = 0,338$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,338} = 0,697$. On obtient ainsi, entre les nombres affinitaires de l'aluminium, et du silicium, que nous désignerons maintenant par x et y, l'équation

$$0,096.x + 0,313.y + 0,177 + 0,138$$
$$= 0,096.x + 0,313.y + 0,315 = 0,697 .$$

En mettant au lieu de x le nombre affinitaire ci-dessus de l'aluminium 1,341, cette équation donne

$$0,129 + 0,313.y + 0,315 = 0,313.y + 0,444 = 0,697 ,$$

d'où

$$y = \frac{0,697 - 0,444}{0,313} = \frac{0,253}{0,313} = 0,808 ,$$

pour le nombre affinitaire du silicium; nombre qu'on pourra faire concourir avec celui 1,033 pour la détermination définitive de sa valeur. Si réciproquement on voulait déterminer le nombre affinitaire de l'aluminium par celui que nous avions supposé au silicium 1,033, on aurait

$$0,096.x + 0,177 + 0,323 + 0,138 = 0,096.x + 0,638 = 0,697 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,697 - 0,638}{0,096} = \frac{0,059}{0,096} = 0,615 ;$$

ce nombre est inadmissible pour une substance aussi positive que paraît devoir être l'aluminium ; aussi ne nous est-il donné que par un composé qui ne contient pas même un dixième de son poids d'aluminium, et nous ne pouvons en tenir aucun compte.

Feldspath sodique, albite des minéralogistes. La composition atomique de ce minéral, selon les atomes admis par Berzelius, est analogue à celle du feldspath précédent, savoir d'un atome d'alumine, d'un atome de soude, et 4 atomes de silice, ce qui donne pour son poids atomique 33,424, quels que soient les véritables atomes de ses composants. La densité de l'albite est estimée de 2,60 à 2,63; moyenne 2,615. On a ainsi

$$\frac{33,424}{2,615}=12,782, \quad \text{et} \quad \frac{12,782}{0,645}=19,817$$

La composition en poids, d'après la formule indiquée, est de 0,192 alumine, 0,117 soude, et 0,691 silice, ce qui revient à 0,102 aluminium, 0,087 sodium, 0,332 silicium, 0,479 oxigène. Pour déterminer le système de division de l'atome qu'on doit y admettre pour former sa molécule, calculons son nombre affinitaire d'après ceux de ses composants, tels que nous les avons déjà obtenus ci-dessus par les composés de la première série, en employant en particulier, pour le silicium et l'aluminium les nombres 1,033, et 1,341, comme nous l'avons fait pour le composé précédent; nous aurons

$$0,102.1,341+0,087.1,317+0,332.1,033+0,479.0,305$$
$$=0,137+0,115+0,343+0,146=0,741,$$

pour le nombre affinitaire, et $(0,741)^3=0,407$ pour le volume moléculaire. Ce nombre entre dans 19,817 près de 49 fois; c'est aussi un nombre intermédiaire entre 32, et 64. Cependant on trouve encore ici que la division en 32 nous conduirait à un nombre trop considérable pour le silicium, d'après ceux de l'aluminium et du sodium. Si on adopte en conséquence la division en 64, comme pour le feldspath potassique, on aura, pour le volume moléculaire de ce composé déduit de sa densité, $\frac{19,817}{64}=0,310$, et pour son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,310}=0,677$. Par là l'équation entre les nombres affinitaires de l'aluminium, du sodium, et du silicium, que nous considérerons maintenant comme inconnus, et que nous désignerons respectivement par x, y, z, sera

$$0,102.x+0,087.y+0,332.z+0,146=0,677.$$

Cette équation contenant trois inconnues, on ne pourra en déterminer les valeurs qu'en la combinant avec deux autres équations qui les renferment aussi toutes ou en partie; si ces équations n'en contiennent chacune qu'une seule des trois, comme celles fournies par les composés de la première série que nous avons considérés ci-dessus, en sorte qu'elles donnent immédiatement la valeur de leur inconnue, la combinaison revient à substituer simultanément ces valeurs dans notre équation

ci-dessus, pour en tirer la valeur de la troisième inconnue. Ainsi en substituant pour x le nombre affinitaire de l'aluminium 1,341, que nous avons déduit de la considération de l'alumine, et pour y le nombre donné pour le sodium par une quelconque des équations relatives aux composés qui renferment ce métal, ou mieux la valeur moyenne 1,317 de son nombre affinitaire que nous avons déduite de ses divers composés, nous en tirerons la valeur de z, ou du nombre affinitaire du silicium, telle à satisfaire à la densité du composé dont il s'agit. Nous avons ainsi

$$0,137+0,115+0,332.z+0,146=0,332.z+0,398=0,677 ,$$

d'où

$$z=\frac{0,677-0,398}{0,332}=\frac{0,279}{0,332}=0,840 ,$$

valeur peu différente de celle trouvée par le feldspath potassique, et qu'on pourra aussi faire concourir à la détermination définitive. On pourra de même substituer dans l'équation ci-dessus en x, y, z la valeur de z, ou du nombre affinitaire du silicium, déduite de la silice, 1,033, et celle moyenne de y, ou du nombre du sodium, 1,317, pour avoir une nouvelle valeur de celui x de l'aluminium; ou bien cette même valeur de z et celle du nombre x de l'aluminium trouvée par l'alumine, à fin d'avoir une nouvelle valeur du nombre y pour le sodium. Par la première de ces opérations, on obtiendra

$$0,102.x+0,115+0,343+0,146=0,102.x+0,604=0,677 ,$$

d'où

$$x=\frac{0,677-0,604}{0,102}=\frac{0,073}{0,102}=0,716 .$$

Par la seconde, on aura

$$0,137+0,087.y+0,343+0,146=0,087.y+0,626=0,677 ,$$

d'où

$$x=\frac{0,677-0,626}{0,087}=\frac{0,051}{0,087}=0,529 .$$

Mais ces nombres 0,716 pour l'aluminium, et 0,529 pour le sodium, évidemment trop petits, ne peuvent être employés à modifier la valeur

moyenne des nombres affinitaires de ces corps, comme étant fournis par un composé dont ils ne forment chacun qu'une très-petite partie.

Silicate de zircone $Zr^2O^3+SiO^3$ de Berzelius. C'est, comme on sait, la composition du zircon, et de l'hyacinthe, abstraction faite de très-petites portions de fer, ou de manganèse qui les colorent. Selon la composition atomique que j'ai cru plus probable de la silice, il faudrait dans cette formule changer SiO^3 en $Si^{\frac{3}{2}}O^3$, et peut être la formule atomique de la zircone devrait-elle aussi être modifiée; mais cela n'altère point le poids atomique de ce composé, tant qu'on y retient le même nombre d'atomes d'oxigène, savoir 6 atomes en tout; ce poids atomique est $11,404+5,773=17,177$, et nous devons chercher quelle est la division qu'on doit admettre dans l'atome ainsi conçu, pour satisfaire à-peu-près aux nombres affinitaires approchés qu'on peut supposer au silicium, et au zirconium. La densité de ce minéral est estimée de 4,4 à 4,6; mais comme il est probable que les variétés les plus pesantes sont celles qui contiennent le plus de fer ou de manganèse, nous admettrons la densité 4,4 comme appartenant au silicate de zircone pur. On aura donc

$$\frac{17,177}{4,4}=3,904, \quad \text{et} \quad \frac{3,904}{0,645}=6,053 .$$

La composition de ce composé en poids est de 0,664 de zircone, et 0,336 de silice, ce qui revient à 0,489 de zirconium, 0,161 de silicium, et 0,350 oxigène. Pour chercher le système de division de l'atome de ce composé, à admettre dans la formation de sa molécule, nous partirons des nombres affinitaires qu'on peut approximativement supposer au silicium, et au zirconium. Pour le silicium nous prendrons le nombre 1,033 qui nous a été donné par la silice; quant au zirconium nous n'en avons encore aucune détermination; mais à cause de l'analogie que la zircone présente avec la silice, nous pouvons provisoirement, et par une approximation suffisante pour notre objet présent, lui attribuer un nombre affinitaire peu différent de celui du silicium 1,033, et que nous prendrons, pour plus de simplicité, $=1$. Nous aurons ainsi, pour le nombre affinitaire du composé,

$$0,489+0,161.1,033+0,350.0,305=0,489+0,166+0,107=0,762,$$

et pour son volume moléculaire $(0,762)^3=0,443$. Ce nombre entre

presque 14 fois dans 6,053. En adoptant d'après cela la division en 16, on aura $\frac{6,053}{16} = 0,378$ pour le volume moléculaire du silicate dont il s'agit, d'après sa densité, et $\sqrt[3]{0,378} = 0,723$ pour son nombre affinitaire. On obtient ainsi entre les nombres affinitaires x, y du zirconium, et du silicium, l'équation

$$0,489.x + 0,161.y + 0,107 = 0,723 .$$

Et si on retient pour y la valeur précédente 1,033 du nombre affinitaire du silicium, on aura, pour déterminer celui x du zirconium,

$$0,489.x + 0,166 + 0,107 = 0,489.x + 0,273 = 0,723 ,$$

d'où

$$x = \frac{0,723 - 0,273}{0,489} = \frac{0,450}{0,489} = 0,920 .$$

Ce nombre n'a en soi aucune improbabilité; mais n'étant établi que sur la considération d'une seule substance, il ne pourrait être admis que provisoirement. Nous observerons seulement que si la division de l'atome que nous avons supposée dans la formation de sa molécule était la vraie, et si la formule de l'atome était réellement

$$Zr^2O^3 + Si^{\frac{3}{2}}O^3 = Zr^2 + Si^{\frac{3}{2}} + O^6 ,$$

la molécule serait composée de $\frac{1}{8}$ d'atome de zirconium, $\frac{3}{32}$ d'atome de silicium, et $\frac{3}{8}$ d'atome d'oxigène.

Mais il faut maintenant remarquer que cette composition atomique supposée $Zr^2O^3 + Si^{\frac{3}{2}}O^3$ qui revient, en la doublant, à $Zr^4O^6 + Si^3O^6$ parait assez compliquée, et qu'en admettant, comme nous l'avons fait, SiO^2 pour la composition atomique de la silice, au lieu de SiO^3, il serait naturel d'adopter la composition analogue ZrO^2, pour la zircone, en augmentant d'un tiers l'atome du zirconium de Berzelius. La formule de Berzelius, pour le silicate dont il s'agit, traduite immédiatement dans cette hypothèse, deviendrait $Zr^{\frac{3}{2}}O^3 + Si^{\frac{3}{2}}O^3$, et se simplifierait, en multipliant par 2 et divisant par 3, en $ZrO^2 + SiO^2$. Si l'on applique encore la division en 16 à ce dernier atome, ce qui répond

à la division en 24 de l'atome primitif de Berzelius, le volume moléculaire du composé deviendra $\frac{6,053}{24} = 0,252$, et son nombre affinitaire $\sqrt[3]{0,252} = 0,632$. Alors en partant toujours de 1,033 pour le nombre affinitaire du silicium, on en déduira, pour celui du zirconium,

$$\frac{0,632 - 0,273}{0,489} = \frac{0,359}{0,489} = 0,734 ;$$

résultat qui parait trop petit pour être admissible. On aurait au contraire, dans la même hypothèse sur la composition de la zircone, un nombre qui pourrait convenir au zirconium, en ne supposant qu'une division en 8 de $Zr O^2 + Si O^2$; car on aurait alors, pour le volume moléculaire, le double de 0,252, savoir 0,504, et $\sqrt[3]{0,504} = 0,796$ pour le nombre affinitaire, d'où il viendrait, pour celui du zirconium,

$$\frac{0,796 - 0,273}{0,489} = \frac{0,523}{0,489} = 1,070 .$$

Mais on ne pourra rien décider à cet égard, tant qu'on n'aura pas éclaircit le point de la composition atomique de la zircone, et qu'on n'aura fait concourir à cette détermination d'autres composés du zirconium. Selon le dernier système que nous venons de proposer pour le silicate de zircone, sa molécule serait formée de $\frac{1}{8}$ d'atome de zirconium, $\frac{1}{8}$ d'atome de silicium, et $\frac{1}{2}$ atome d'oxigène.

On pourrait encore employer plusieurs autres composés, pris parmi les minéraux les plus connus, et renfermant deux ou plusieurs substances simples combinées avec celles dont nous avons déduit le nombre affinitaire de leur pouvoir neutralisant, pour en tirer, par la substitution des nombres affinitaires précédemment trouvés pour quelques-unes d'elles, de nouvelles valeurs des nombres affinitaires des autres; mais les incertitudes qui peuvent rester encore soit sur la véritable composition atomique de ces minéraux, soit sur la densité qui leur appartient à l'état de pureté, et la petite proportion dans laquelle chacun des éléments entrent dans la plupart d'entr'eux, ne permettraient pas en général d'espérer une grande précision dans les résultats qu'on déduirait. Nous nous contenterons donc du petit nombre de ces composés que nous venons de considérer.

Au reste nous n'avons combiné ci-dessus chacune des équations fournies par les composés de cette seconde série qu'avec les équations relatives aux composés de la première série, en substituant les valeurs moyennes des nombres affinitaires d'une ou deux des substances faisant partie de ces composés, pour avoir la valeur du nombre affinitaire de la substance restante. Nous pourrions combiner aussi deux des équations à deux inconnues chacune, appartenant à des composés de la 2.^{de} série, et renfermant ainsi en tout 3 inconnues dont une commune entr'elles, avec l'équation fournie par un des composés de la 1.^{ère} série, c'est-à-dire prendre la valeur trouvée pour une des inconnues par la combinaison d'une des premières équations avec la dernière, et la substituer dans l'autre, pour avoir la valeur de la troisième inconnue. Ainsi, par exemple, la valeur du nombre affinitaire du bore trouvée par la substitution de la valeur moyenne de celui du sodium, déduite des composés de la première série, dans l'équation fournie par le borate de soude, aurait pu être substituée à son tour dans l'équation du borate de magnésie, pour en déduire une valeur du nombre affinitaire du magnésium, ou bien aussi la valeur du nombre affinitaire du sodium déduite de l'équation du borate de soude, au moyen de la valeur du bore tirée de l'acide borique dans la première série, aurait pu être substituée dans l'équation de la glaubérite, ou sulfate de chaux et de soude, pour en obtenir une valeur du nombre affinitaire du calcium. On aurait pu faire de même différentes combinaisons de l'équation du feldspath sodique qui renferme trois inconnues, savoir les valeurs des nombres affinitaires du silicium, du sodium, et de l'aluminium, avec les équations à une seule inconnue de la première série, ou avec celles à deux inconnues de la deuxième série, pour en obtenir différentes valeurs de ces mêmes nombres affinitaires.

Mais le peu d'aptitude que nous avons reconnue dans la plupart des composés de cette seconde série à nous donner des résultats admissibles par leur combinaison avec les valeurs déduites de la première série, à cause de la petite quantité en poids par laquelle y entre ordinairement chacun de leurs composants, rend peu probable aussi qu'on puisse obtenir par ces nouvelles combinaisons des résultats dont on puisse faire usage pour notre objet.

Nous nous bornerons donc à rappeler ici le peu de résultats que nous avons crus susceptibles d'être employés parmi ceux que nous

ont donnés les combinaisons des équations des composés de la seconde série avec celles des composés de la première série, et nous indiquerons l'usage qu'on en pourra faire pour modifier les nombres déduits des autres composés précédents.

Nous avons trouvé pour le bore, par le borate de magnésie, la valeur du nombre affinitaire 0,699. Ce nombre est un peu plus grand que celui qui nous avait été donné par l'acide borique hydraté 0,636, mais nous n'avons pas cru devoir faire usage de ces deux résultats, comme fournis par des composés renfermant trop peu de bore, et présentant d'ailleurs des nombres trop petits pour être admissibles. Nous croyons donc pouvoir nous en tenir pour le bore au nombre 0,891 donné par l'acide borique anhydre, jusqu'à ce que la considération d'un plus grand nombre de composés nous donne un résultat qui mérite plus de confiance.

Le molybdate de plomb nous a fourni une nouvelle valeur du nombre affinitaire du plomb à ajouter à celles que nous avions déjà rassemblées, et qui nous avaient donné la moyenne 1,194; la nouvelle valeur serait 1,283; en la joignant aux 8 valeurs qui nous avaient donné la moyenne 1,194, on trouve, pour la moyenne des 9 valeurs, 1,204.

Le tungstate de chaux nous a donné une valeur du nombre affinitaire du tungstène, 1,249; elle s'écarte notablement en plus des deux valeurs que nous en avions déjà trouvées, et qui nous avaient donné la moyenne 1,156; nous n'avons cependant aucune raison décisive pour l'exclure; en prenant la moyenne des trois, on obtient 1,186; c'est à quoi nous pouvons nous arrêter pour le nombre affinitaire du tungstène, autant que le petit nombre de composés que nous avons pu y employer peut nous le faire connaître.

Le silicium nous a présenté deux nouvelles valeurs de son nombre affinitaire à ajouter à la seule que nous eussions encore, et qui était 1,033, d'après le système de division au quel nous nous sommes fixés pour la silice; ces deux valeurs qui sont 0,808 et 0,840 nous ont été données par le feldspath potassique, et par le feldspath sodique. La moyenne des trois nombres, dont l'un au reste s'écarte assez notablement des deux autres, est 0,894, et nous pouvons nous y arrêter, faute d'un plus grand nombre de composés pour le déterminer plus précisément; le silicium et le bore seraient ainsi très-rapprochés

entr'eux dans l'échelle des nombres affinitaires; et tous deux un peu moins positifs que le carbone.

Le fluorure de calcium nous a donné la valeur 0,755 du nombre affinitaire d'un corps simple que nous n'avions pu encore considérer précédemment, le fluor; nous avons cru devoir l'adopter provisoirement comme n'ayant en elle-même rien d'inadmissible.

Nous avons essayé le silicate de zircone, pour la détermination du nombre affinitaire du zirconium. Mais le doute où nous sommes restés sur la composition atomique, et sur le système de division à admettre dans ce composé, nous a empêchés d'en tirer aucun résultat.

En ajoutant maintenant ce petit nombre de modifications que nous ont fournies les composés de la deuxième série ci-dessus, aux résultats déduits des composés précédemment examinés, et des substances isolées mêmes, et entre les quels nous avons pris des moyennes, nous aurons les nombres affinitaires des substances simples, pour les quelles nous avons cru trouver des données suffisantes pour leur établissement approché, et dont les valeurs méritent au reste plus ou moins de confiance, selon le nombre et la nature des composés que nous avons fait concourir à leur détermination. Il ne nous reste plus qu'à rassembler par ordre ces différents résultats, en y joignant aussi les nombres affinitaires que nous avons déduits des pouvoirs neutralisants pour les substances relativement aux quelles ces pouvoirs ont été déterminés directement dans le Mémoire y relatif de 1835, et que nous avons admis ici comme bases de tous les calculs précédents. C'est ce qui fait l'objet de la première colonne du tableau ci-après; j'y ai aussi compris les résultats relatifs à quelques-unes des substances simples que j'ai considérées dans le 1.er Mémoire, et dont je n'ai plus eu occasion de m'occuper dans celui-ci.

Mais de ces valeurs des nombres affinitaires on peut ensuite déduire, selon ce que nous avons vu plus haut, et que nous l'avons déjà pratiqué dans le premier Mémoire, les pouvoirs neutralisants de celles de ces différentes substances, pour les quelles nous n'en avons encore de détermination directe, exprimés en parties du pouvoir négatif de l'oxigène pris pour unité. Il n'y a pour cela qu'à évaluer leur distance au point de la neutralité dans la série des nombres affinitaires, en soustrayant le nombre affinitaire 0,888, répondant au point de la neutralité, de celui appartenant à chaque substance, lorsque celle-ci se trouve au-dessus de ce point dans la même échelle, ou par la soustraction in-

verse dans le cas contraire, et diviser ensuite la différence par la distance de l'oxigène au même point, que nous avons fixée ci-dessus à 0,583, en donnant le signe positif au résultat pour les substances placées au-dessus, et le signe négatif pour celles au-dessous du même point; le tout conformément à la formule que nous avons déjà employée pour cela dans le premier Mémoire en l'appliquant à des nombres un peu différents. Les pouvoirs neutralisants ainsi obtenus, conjointement à ceux établis directement dans le Mémoire de 1835 pour les substances dont je m'y suis occupé, forment la deuxième colonne du même tableau.

Les nombres affinitaires de la première colonne, dont nous avons parlé, ont pour unité commune, d'après la manière dont nous les avons établis, le nombre affinitaire de l'or, tel qu'il est supposé résulter de sa densité à l'état solide comparé avec son atome chimique; mais on peut maintenant rapporter ces mêmes nombres à un autre unité commune quelconque, et nous pouvons prendre pour cette unité le nombre affinitaire de l'oxigène même, comme nous avons pris pour unité des pouvoirs neutralisants de la deuxième colonne, le pouvoir neutralisant négatif de la même substance. C'est ce qu'on obtient en divisant simplement tous les nombres de la première colonne par le nombre affinitaire de l'oxigène en parties de celui de l'or, pour lequel nous avons adopté 0,305. Ce sont les nombres affinitaires ainsi exprimés que j'ai rassemblés dans la troisième colonne du tableau.

Nous avons dit que les différents nombres affinitaires marqués dans ce tableau méritaient plus ou moins de confiance, selon qu'ils étaient fondés sur la considération d'un nombre plus ou moins grand de composés; on ne peut donc regarder que comme des approximations moins voisines du vrai les nombres qui ne sont établis que sur un seul état de la substance à laquelle ils se rapportent. Tel est en particulier celui de l'or même que nous avons pris pour unité des autres, et qui n'a été déduit que de la comparaison de la densité de l'or métallique avec son atome. Pour avoir pour l'or une valeur du nombre affinitaire comparable en exactitude à ceux des substances, pour lesquelles nous avons employés divers composés en prenant des moyennes, il faudrait aussi faire concourir avec l'or métallique plusieurs composés dont ce métal ferait partie, ce que nous n'avons pu faire, faute des composés de ce métal dont la densité soit bien connue. D'après la comparaison, par exemple, du nombre affinitaire de l'argent 0,957, tel qu'il est marqué

dans la première colonne, et que nous avons adopté comme une moyenne entre les divers résultats y relatifs, avec celui que l'argent métallique nous avait fourni, et qui par lui seul aurait été égal à 1, c'est-à-dire à celui de l'or, on pourrait supposer qu'un changement semblable aurait lieu pour l'or, par la considération des différents composés de ce métal, en sorte qu'il deviendrait lui-même 0,957 de celui précédemment pris pour unité. Si donc on voulait employer maintenant le nombre affinitaire de l'or ainsi déterminé pour unité, celui de l'argent même redeviendrait 1, et tous les autres nombres de la première colonne devraient être divisés par 0,957 pour les exprimer dans cette nouvelle unité; celui de l'oxigène, par exemple, deviendrait $\frac{0,305}{0,957} = 0,318$. Mais ces mêmes nombres exprimés dans toute autre unité commune, et en particulier, en prenant pour unité le nombre affinitaire de l'oxigène, resteraient les mêmes, puisque leurs rapports entr'eux, et avec le nombre de l'oxigène, n'en serait pas changé. Celui de l'or seulement deviendrait égal à celui de l'argent, tel qu'il est marqué dans la troisième colonne, savoir 3,138, au lieu de 3,279. Les nombres de la troisième colonne ont donc l'avantage d'être indépendants de l'erreur qu'il peut y avoir sur celui de l'or, et ne seraient sujets (en supposant d'ailleurs exacte la détermination relative à l'oxigène) qu'aux corrections que chacun d'eux pourrait admettre individuellement par de nouvelles observations. Le changement d'unité de la première colonne n'influerait pas non plus sur les valeurs des pouvoirs neutralisants portés dans la deuxième colonne, et qui ont pour unité le pouvoir neutralisant négatif de l'oxigène.

Noms des substances	Nombre affinitaire (celui de l'or = 1)	Pouvoir neutralisant (celui de l'ox. = —1)	Nombre affinitaire (celui de l'ox. = 1)
Oxigène	0,305	—1,000	1,000
Fluor	0,755	—0,228	2,475
Chlore	0,801	—0,150	2,626
Iode	0,852	—0,062	2,793
Brome	0,859	—0,050	2,816
(Point de la neutralité)	0,888	0,000	2,911
Bore	0,891	+0,005	2,921
Silicium	0,894	0,010	2,931
Carbone	0,923	0,060	3,026
Phosphore	0,950	0,106	3,115
Argent	0,957	0,118	3,138
Palladium	0,959	0,122	3,144
Platine Iridium	0,962	0,127	3,154
Rhodium	0,969	0,139	3,177
Osmium	0,996	0,185	3,266
Or	1,000	0,192	3,279
Soufre	1,016	0,220	3,331
Manganèse Arsénic	1,064	0,302	3,489
Mercure	1,077	0,324	3,531
Cuivre	1,087	0,341	3,564
Nickel	1,109	0,379	3,636
Cobalt	1,125	0,407	3,689
Fer	1,126	0,408	3,691
Antimoine	1,130	0,415	3,705
Étain	1,153	0,455	3,780
Azote	1,162	0,470	3,810
Chrome	1,168	0,480	3,830
Tungstène	1,186	0,511	3,888
Plomb	1,204	0,542	3,948
Molybdène	1,232	0,590	4,039
Zinc	1,257	0,633	4,121
Potassium	1,279	0,670	4,190
Sodium	1,317	0,736	4,318
Aluminium	1,341	0,777	4,397
Calcium	1,346	0,786	4,441
Magnésium	1,368	0,823	4,485
Barium	1,373	0,832	4,502
Strontium	1,374	0,834	4,505
Hydrogène	3,162	3,900	10,367

Tels sont les résultats relatifs aux nombres affinitaires, et aux pouvoirs neutralisants des différents corps simples, que nous avons cru pouvoir déduire approximativement de leur densité à l'état libre, et de celle de quelques-uns de leurs composés. Nous avons dû seulement exclure de ce tableau quelques-uns de ces corps, dont la densité à l'état d'isolement, ou celle de leurs composés, ne nous a pas paru assez bien constatée pour servir de base à nos calculs, ou bien pour lesquels la masse de la molécule, ou le système de division à y admettre dans les composés, nous a présenté quelque incertitude. Quant au degré d'exactitude de nos résultats, relativement aux corps dont nous nous sommes occupés, il dépend nécessairement, en supposant d'ailleurs justes les principes fondamentaux d'où nous sommes partis, de celui des données dont nous nous sommes servis pour les établir, savoir: 1.° du degré de précision qu'on peut attribuer aux déterminations des pouvoirs neutralisants du chlore, du carbone, du soufre, de l'azote, du potassium, et de l'hydrogène, que j'ai déduites, dans mon Mémoire de 1835, de leurs proportions en poids dans les composés neutres dont ces substances font partie, et qui ont servi de base à touts nos calculs précédents. 2.° De l'exactitude du nombre affinitaire de l'oxigène, et de celui répondant au point de la neutralité, que nous avons établis par la comparaison des pouvoirs neutralisants des six substances dont nous venons de parler, avec leurs nombres affinitaires déduits des volumes de leurs molécules, et de celles des corps composés qu'elles forment par leur combinaison entr'elles et avec l'oxigène. 3.° Du degré d'approximation des volumes moléculaires de chacune des autres substances, trouvés par la considération de leur densité à l'état libre, et de la densité de leurs composés, d'après les masses de leurs molécules, et les systèmes de divisions ou réunions atomiques que nous y avons admis.

Ces résultats pourront en conséquence subir des modifications considérables, soit en fixant plus exactement les pouvoirs neutralisants des six substances indiquées, par des considérations relatives à ce genre de recherches, et en quelque sorte étrangères à celles qui font l'objet du présent Mémoire, soit en faisant concourir à la détermination des nombres affinitaires de l'oxigène et du point de la neutralité, et à celle des nombres particuliers relatifs à chaque substance, un plus grand nombre de composés, et rectifiant au besoin les hypothèses que nous avons cru

pouvoir adopter sur la constitution de leurs molécules intégrantes comparées avec leurs densités.

Au reste nous avons dû prendre pour bases, dans nos calculs relatifs aux différents composés, les valeurs des nombres affinitaires des six substances sus-indiquées, déduites de leurs pouvoirs neutralisants, sans tenir compte des nombres qu'on déduirait de leur densité, et de celle de leurs composants, puisque s'est par la considération même de ces pouvoirs neutralisants, que nous avons fixé le nombre affinitaire de l'oxigène, et la position du point de la neutralité ; c'aurait été une pétition de principe, que de chercher à déterminer, en prenant les évaluations de ces deux données pour base, les nombres affinitaires, et par là les pouvoirs neutralisants qui devraient appartenir aux mêmes substances d'après la densité de leurs composés, ou d'après celle qu'elles présentent à l'état d'isolement. Cependant on pourra contrôler l'une par l'autre ces déterminations, et si nos calculs sont exacts, les nombres affinitaires de ces corps, déduits par le dernier de ces procédés, devront s'accorder de près avec ceux que nous leur avons supposés d'après leurs pouvoirs neutralisants. Mais je n'ai pas cru, pour le moment, devoir m'occuper de ces comparaisons, ne pouvant encore regarder les résultats obtenus que comme approximatifs, et provisoires. On pourra le faire avec plus d'intérêt lorsqu'on aura rassemblé un plus grand nombre de composés contenant soit les substances dont on a des évaluations des pouvoirs neutralisants, soit celles pour lesquelles cette connaissance nous manque encore. On pourra aussi lorsqu'on aura déterminé directement les pouvoirs neutralisants d'un plus grand nombre de corps, outre les six, dont nous avons parlé, employer quelques-uns de ces corps pour en déduire le nombre affinitaire de l'oxigène, et la position du point de la neutralité, et faire servir ces données de base à l'évaluation des nombres affinitaires, et par là des pouvoirs neutralisants des autres, et comparer ensuite ces pouvoirs avec ceux qu'on aura trouvés directement pour ces derniers.

Je remarquerai encore que si l'on trouvait par des observations directes sur la composition des corps neutres, une substance élémentaire dont le pouvoir fût nul, et qui serait ainsi placée dans le point même de la neutralité, ou bien deux substances très-rapprochées de ce point, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de lui, et dont on pourrait prendre le point intermédiaire pour celui de la neutralité, ce point

serait fixé par là d'une manière plus précise que nous ne l'avons pu faire d'abord dans le premier Mémoire par le carbone et le chlore; alors on pourrait, d'après la densité de ce corps, ou de ces deux corps, et de leurs composants, déterminer leurs nombres affinitaires, et ensuite ceux des autres substances, sans plus recourir en aucune manière aux pouvoirs neutralisants; et de ces nombres affinitaires on déduirait ensuite les pouvoirs neutralisants mêmes, qu'on comparerait avec ceux donnés pour les mêmes substances par les observations relatives à leurs proportions dans les composés neutres, comme nous avions déjà essayé de le faire dans le premier Mémoire, ce qui offrirait une vérification plus complète de ces deux genres d'observations l'un par l'autre.

Quand on aura ainsi des valeurs des nombres affinitaires des différents corps élémentaires, sur l'exactitude des quelles on puisse compter, d'après l'accord entre ces deux espèces de calculs, appliqués à un grand nombre de composés, on pourra en conclure réciproquement les nombres affinitaires de leurs différents composés, et prenant les cubes de ces nombres affinitaires des corps simples mêmes, et de ces composés, on aura les coefficients électro-chimiques des uns et des autres, ou leurs volumes moléculaires, en prenant pour unité celui d'une de ces substances, par exemple celui de l'or; on en tirera la valeur du quotient de leur masse de molécule par la densité, qui devrait leur appartenir, dans les hypothèses qui paraîtront les plus admissibles sur la constitution de cette molécule relativement à l'atome chimique, et on en déduira cette densité même pour la comparer à la densité réellement observée; on verra ainsi jusqu'à quel point il peut y avoir écart entre la densité calculée, et la densité observée, par l'influence des causes particulières tenant à la constitution de chaque corps, et que nous avons admises comme pouvant modifier la densité due à la masse de la molécule, et à son coefficient électro-chimique. Il serait prématuré de faire dès-à-présent cette comparaison sur le petit nombre de corps soit simples, soit composés dont nous avons pu disposer pour les déterminations dont il s'agit, et sur les résultats encore susceptibles de modifications que nous en avons déduits. Nous ferons seulement remarquer, qu'en faisant usage des valeurs moyennes aux quelles nous nous sommes arrêtés ici pour les divers corps simples, on doit nécessairement trouver en général, pour les nombres affinitaires de leurs com-

posés, des valeurs calculées s'accordant de plus près avec celles déduites de leur densité, que celles qui nous étaient données par les nombres affinitaires des mêmes corps simples, établis sur la seule considération de leurs densités à l'état libre dans le premier Mémoire.

§ 4.ème

Comparaison des résultats obtenus dans ce Mémoire avec ceux des autres auteurs sur les volumes atomiques des corps composés.

Ayant achevé l'exposition des résultats aux quels j'ai cru pouvoir me fixer sur le volume moléculaire des différens composés relativement à ceux de leurs composants, d'après les principes que j'ai adoptés sur les volumes moléculaires des corps en général, il me reste à comparer ces résultats, ainsi que je l'ai fait dans mon premier Mémoire pour les corps simples, avec ceux que d'autres auteurs qui se sont occupés de ce même objet ont cru pouvoir déduire de leur manière de l'envisager.

Je ne m'arrêterai pas ici à ceux de ces auteurs qui ont cherché simplement à comparer la densité des corps composés à celles de leurs composants d'après leurs proportions pondérales, sans y faire entrer la considération des nombres relatifs des atomes de ces mêmes composants, qui constituent la combinaison, tels que Hassenfratz, Herapath, Frère de Montizon et Emmet. Ces auteurs n'ayant considéré les composés que comme des mélanges dont ils ont rapporté la densité à celle qui se déduirait de leur composition par une simple règle d'alliage, ont étés conduits par cette manière de voir, étrangère à la nature des composés chimiques proprement dits, en proportions déterminées, à des résultats qui ne sont pas immédiatement comparables à ceux, aux quels nous nous sommes arrêtés, et qui ne peuvent en être que des conséquences plus ou moins éloignées.

Je ne reviendrai pas non plus sur les idées de Royer et Dumas, dont j'ai déjà parlé dans mon premier Mémoire; ces idées n'offrent rien qui soit plus particulièrement relatif aux corps composés qu'aux corps simples,

et on peut y appliquer d'une manière générale ce que j'en ai dit par rapport à ces derniers.

Parmi les travaux des autres auteurs, qui ont un rapport plus direct au sujet du présent Mémoire, je dois faire mention de celui de Polydore Boullay (*Annales de Chimie et de Physique, mars* 1830, et *Bulletin de Férussac, mai* 1830). Cet auteur s'est servi de la considération des atomes chimiques; mais il a remarqué lui-même que le calcul qu'il a employé sous ce point de vue revient essentiellement, sous une autre forme, au calcul des densités des composés relativement à celles de leurs composants, dans l'état de simple mélange, et il n'a cherché à expliquer, par aucune hypothèse ou idée théorique, les différences que les densités observées des composés particuliers, dont il s'est occupé, lui ont présenté d'avec les densités calculées de cette manière; en sorte que ses résultats ne peuvent être un objet de comparaison avec les principes que nous avons adoptés pour cette explication. Cela est également applicable au travail de même genre que M. Karsten a publié dans les Mémoires de l'Académie de Berlin pour 1831.

Viennent ensuite les travaux de M. Persoz publiés dans les *Comptes rendus* de l'Acad. des Sciences de Paris, 1836, et dans son *Introduction à la chimie moléculaire*. J'ai déjà comparé les idées de cet auteur avec les miennes dans mon premier Mémoire, pour les corps en général, et en particulier pour les corps simples; mais ici je dois entrer encore dans quelques détails sur l'application qu'il en a faite aux corps composés. Sa manière de voir a une plus grande analogie avec mes principes, que celle d'aucun des autres auteurs, en tant qu'il a rapporté immédiatement le volume atomique des corps composés à l'atome total qui résulte de la réunion des atomes composants, comme à celui d'un corps simple, au lieu de le calculer, comme la plupart des autres auteurs, par les volumes atomiques des composants simplement juxta-posés, comme dans un simple mélange, et d'appliquer seulement des modifications particulières à ces volumes atomiques présentés par les composants à l'état libre. Les résultats de M. Persoz diffèrent néammoins essentiellement des miens en ce que n'ayant pas tenu compte, non plus que pour les corps simples, de l'influence du pouvoir électro-positif ou électro-négatif sur le volume des molécules, il a été conduit à admettre pour la plupart des composés des multiples ou des aliquotes de celles formées immédiatement par la combinaison, différents de ceux que j'ai dû adopter

dans les réunions, ou divisions de ces molécules, pour satisfaire à cette influence (1).

Ainsi pour l'eau, comme que j'ai déjà eu occasion de le remarquer dans le premier Mémoire, M. Persoz admet l'atome à l'état liquide, tel qu'il est à l'état gazeux, c'est-à-dire égal à la moitié de celui qui résulterait immédiatement de l'union d'un atome d'oxigène avec un double atome d'hydrogène, tandis que pour satisfaire au nombre affinitaire de l'eau, et au coefficient moléculaire qui y répond, déduit des nombres affinitaires de ses composants, nous avons dû supposer l'atome de l'eau liquide ou solide égal au quart de son atome gazeux, ou au 8.e seulement de celui donné par la somme de ses atomes composants; sans cela, le nombre affinitaire de l'eau étant fort peu élevé, c'est-à-dire son pouvoir électro-chimique considérablement négatif, la densité de l'eau calculée se serait trouvée beaucoup trop forte relativement à celle qui y a lieu réellement.

Pour le sel ammoniac, ou chlorure d'ammonium, Persoz admet à l'état solide un atome répondant à la densité qu'il aurait à l'état de gaz ou vapeur, en supposant ce gaz formé de volumes égaux de gaz ammoniaque, et de gaz acide hydrochlorique sans condensation, ou son volume composé d'un demi volume de chacun de ces deux gaz, et par conséquent de $\frac{1}{4}$ de volume d'azote avec $\frac{3}{4}$ de volume d'hydrogène, et de $\frac{1}{4}$ de volume de gaz chlore avec $\frac{1}{4}$ de volume d'hydrogène, ou en tout de $\frac{1}{4}$ de volume d'azote, 1 volume d'hydrogène et $\frac{1}{4}$ de volume de chlore. Un tel atome serait, comme Persoz le remarque lui-même, la 8.e partie de celui qui résulterait immédiatement de 2 atomes ou 1 équivalent d'azote avec 8 at. ou 4 équiv. d'hydrogène, et de 2 at. ou 1 équivalent de chlore, et qu'on considère ordinairement comme l'atome chimique de ce sel. Quant à nous, nous sommes restés dans le doute, d'après le nombre affinitaire de ce sel, assez rapproché du point de la neutralité, et d'après son analogie avec le chlorure du potassium, si l'on devait prendre pour son atome le quart ou le huitième de l'atome chi-

(1) M. Persoz a au reste rapporté tous ses résultats à la densité, ou au poids du litre des gaz que les différens composés, d'après les divisions d'atomes qu'il y admet, présenteraient, s'ils pouvaient subsister en cet état, comparativement à la densité de la vapeur aqueuse; ce n'est là qu'une manière particulière d'exprimer la constitution d'atomes qu'il y a admise, et qui n'altère en rien la nature de ses résultats, et la comparaison que nous pouvons en faire avec les notres.

mique dont nous venons de parler, et cela en admettant d'ailleurs pour le poids spécifique observé du sel ammoniac solide, le nombre 1,49 fort peu différent de celui admis par Persoz 1,485.

Pour l'oxide cuivreux, et pour le sulfure de mercure ou cinabre Persoz adopte un atome égal au tiers de l'atome chimique résultant immédiatement de la combinaison; nous avons supposé pour l'un et pour l'autre de ces composés la division de l'atome chimique en 2; la division en 3 était d'ailleurs exclue de notre système, dans lequel nous n'avons en général admis pour diviseurs que des puissances de 2.

Pour le chlorure de mercure Persoz a admis le même atome que nous, savoir le huitième de l'atome chimique Hg^2Cl^2, ou le quart de $HgCl$; mais pour le chlorure de sodium il a admis l'atome égal au 6.e de l'atome chimique, au lieu que nous avons adopté la division de cet atome en 4, celle en 6 n'étant pas comprise non plus dans le système de division indiqué.

Pour le carbonate de plomb M. Persoz admet comme nous la division en 4 de l'atome chimique $PbO+CO^2$. Mais pour le sulfate sodique cristallisé il prend la vingt-quatrième partie de l'atome chimique $NaO+SO^3+10H^2O$. Nous n'aurions pu employer ce diviseur, qui n'est pas une puissance de 2; mais nous avons étés conduits à la division par 64, par suite du pouvoir électro-chimique fort négatif appartenant à ce sel par sa composition.

Pour l'alun cristallisé Persoz a admis lui-même la division en 64 de l'atome $Al^2O^3+KO+4SO^3+24H^2O$; nous avons dû supposer une division en 2 de plus, c'est-à.dire en 128.

Ces différences dont il serait inutile de multiplier les exemples, proviennent toutes, ainsi que je l'ai annoncé, de ce que M. Persoz n'a cherché à satisfaire à la densité observée, que par le multiple ou aliquote de l'atome chimique qui y répond immédiatement, au lieu que nous avons admis encore des différences de volume moléculaire, et de densité occasionnées par l'influence du nombre affinitaire, ou du pouvoir électro-chimique de chaque composé, que Persoz, comme nous avons dit, n'a pas prise en considération; car quant aux densités observées, celles admises par Persoz sont à-peu-près les mêmes pour chaque composé, que celles d'où nous sommes partis par des moyennes entre les observations.

Je dois faire mention ici d'une loi relative à la densité de quelques corps composés que M. Ammermuller a cherché à établir (*Annales de*

Poggendorff, 1840, n.° 2), et qui a une certaine connexion avec les principes que j'ai employés dans le présent Mémoire. Elle regarde les composés des mêmes éléments, et qui ne diffèrent entr'eux que par la proportion atomique de ces éléments dans la combinaison. Elle consiste à dire que lorsqu'une même substance se combine avec une autre substance, en plusieurs proportions multiples l'une de l'autre, la densité du composé est dans plusieurs cas à-très-peu-près proportionnelle à la masse de l'atome composé qui en résulte comparativement à celle de cette dernière substance; et que lorsque cela n'a pas lieu, elle est à celle qui serait donnée par cette proportionnalité, dans le rapport inverse du nombre total des atomes composants, dans les divers degrés de combinaison. J'observerai à cet égard que le premier, ou le plus simple des deux cas dont on vient de parler, n'est en effet qu'un cas particulier de l'application de nos principes généraux, et qui doit se vérifier lorsque le corps qu'on ajoute par proportions atomiques successives à un autre corps jouit d'un nombre affinitaire peu différent de celui-ci, ou n'entre qu'en petite quantité pondérale dans le composé, et qu'il n'y a point de changement de système de division ou réunion d'atomes dans aucun de ces degrés successifs de combinaison pour former la molécule composée; en effet le nombre affinitaire de chacun des composés restant alors à-peu-près égal à celui du premier des deux composants, le volume de la molécule composée doit rester aussi à-peu-près le même dans tous, et la densité par conséquent proportionnelle à la masse de cette molécule.

Quant au second cas je remarquerai que la différence de densité, comparativement à celle donnée par le premier cas, peut dépendre en général soit d'une réunion, ou division différente d'atomes pour former la molécule du corps composé, soit d'une différence un peu considérable dans le nombre affinitaire des deux composants, laquelle doit en occasionner une de l'un des composés à l'autre, selon la proportion pondérale particulière par laquelle les composants y entrent, et donner aux molécules de ces composés des volumes différents; quelquefois aussi ces deux causes d'écart doivent se compliquer l'une avec l'autre, et se modifier mutuellement. Or je pense que le rapport inverse au nombre total des atomes composants, que Ammermuller a cru observer dans les densités de quelques-uns de ces composés, n'est que le résultat accidentel de la combinaison de ces deux causes différentes de changement. Je n'appliquerai

cette considération qu'à un seul des cas indiqués par AMMERMULLER, pour servir d'exemple, savoir à la densité du péroxide d'hydrogène comparée à celle de l'eau.

Le poids de l'atome de l'eau, en passant à l'état de péroxide, s'il n'y avait point de division de l'atome immédiatement résultant de sa combinaison avec la nouvelle quantité d'oxigène qu'il doit prendre pour cette transformation, deviendrait presque double de ce qu'il était, puisque le poids de l'hydrogène dans l'eau est assez petit relativement à celui de l'oxigène, et qu'une seconde dose d'oxigène, égale à celle qu'elle contient déjà, doit s'y ajouter pour former le péroxide. La densité du péroxide devrait donc, selon le premier cas de la loi d'AMMERMULLER, devenir aussi presque double de celle de l'eau ; elle n'est cependant, d'après l'expérience, qu'environ $1\frac{1}{2}$ fois cette dernière, et par conséquent $\frac{3}{4}$ environ de ce qu'elle devrait être dans cette supposition. AMMERMULLER observe que ce rapport de 3 à 4 est précisément l'inverse du nombre des atomes dans les deux composés, le péroxide étant formé de 4 atomes, 2 d'hydrogène, et 2 d'oxigène, et l'eau seulement de 3 atomes, 2 d'hydrogène, et 1 d'oxigène. Mais selon nous, comme on a vu dans ce Mémoire, l'atome du péroxide n'est en poids que le quart de celui qu'on obtiendrait en ajoutant à l'atome de l'eau la quantité d'oxigène nécessaire pour sa conversion en péroxide, puisque nous avons admis une division de l'atome de l'eau en 4 après cette addition, indépendamment de la division qui avait déjà eu lieu dans l'eau relativement à l'atome chimique. Si donc le volume atomique restait le même, la densité du péroxide ne devrait être que le quart de ce qu'elle serait sans cette division, et si elle est 3 fois aussi grande, c'est-à-dire les $\frac{3}{4}$ de cette dernière, c'est d'après nos principes que le volume de la molécule du péroxide est 3 fois plus petit que celui de la molécule de l'eau, par suite de la valeur de son coefficient moléculaire, déduit de son nombre affinitaire. En effet on a vu que le volume moléculaire de l'eau liquide, d'après sa densité, et selon la division atomique que nous y avons admise, en prenant pour unité celui de l'or, est 0,218, et celui du péroxide d'hydrogène 0,0708, qui est à-peu-près le tiers de 0,218.

Mais les travaux les plus étendus sur les volumes atomiques des corps composés, comme sur ceux des corps simples, sont sans contredit ceux de M. Hermann KOPP ; j'ai déjà comparé ses idées théoriques

avec mes principes d'une manière générale, et pour les corps simples en particulier, dans mon premier Mémoire. Ici je dois .entrer dans quelques détails sur ses résultats relatifs aux corps composés, comparés avec ceux aux quels j'ai été conduit dans le présent Mémoire.

Je dois remarquer d'abord que M. Kopp, dans un premier Mémoire sur ce sujet (*Annales de Poggendorff*, 1839, n.° 5), avait proposé, pour les volumes moléculaires des corps composés, une marche de calcul différente à quelques égards de celle qu'il a adoptée postérieurement. Il y considère la densité d'un composé chimique comme celle d'un simple mélange, mais dans lequel la nature de chacun des composants exerce une influence particulière pour altérer la densité qui s'en déduirait par une règle d'alliage; cette influence est représentée selon lui par un coefficient propre à chacun d'eux, et par lequel on doit multiplier les poids relatifs selon lesquels ils entrent dans le composé, d'après leurs poids atomiques, et les nombres de leurs atomes qui forment la combinaison. Il suppose que ce coefficient reste constant pour chaque substance dans la combinaison de deux ou plusieurs substances déterminées, quelles que soient les proportions atomiques par lesquelles elle s'opère; ainsi en combinant deux équations fournies par les composés de deux substances, par exemple, en proportions différentes, on peut déterminer par l'observation, selon lui, d'après la densité des composés, comparée à celle de leurs composants, les valeurs des deux coefficients y relatifs. On voit que tout serait ici empirique, et d'ailleurs fondé sur la supposition arbitraire de la constance de ces coefficients pour chaque substance, dans toutes les proportions atomiques par lesquelles elles peuvent se combiner entr'elles. L'auteur trouve cependant, dans l'application de ces coefficients constants, certains rapprochements, ou relations simples qui paraîtraient justifier cette supposition. Mais ces rapprochements semblent plutôt accidentels que fondés sur la nature des choses, et la marche indiquée ne nous conduit d'ailleurs à aucune idée théorique sur cet objet; il serait en conséquence inutile de suivre l'auteur dans les différentes applications qu'il a faites de cette méthode à divers composés, pour en comparer les résultats à ceux auxquels nous avons étés conduits par des principes entièrement différents.

Hermann Kopp a renoncé à ces déterminations empiriques dans son Mémoire postérieur publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*,

décembre 1840, et dans ses autres Mémoires plus récents; il s'est principalement attâché dans ceux-ci à chercher les lois des volumes atomiques des composés formés par la combinaison d'une seule et même substance, ou de substances présentant, selon lui, un égal volume atomique à l'état d'isolement, avec différentes autres substances; il admet que toutes ces substances retiennent quelquefois dans les composés le même volume atomique qu'à l'état libre, et qu'elles prennent au contraire d'autres fois des volumes atomiques particuliers qu'il cherche à déterminer immédiatement. Mais il part toujours de la supposition que les atomes des composants, quels qu'ils soient, se juxta-posent entr'eux dans la combinaison pour former l'atome du composé, de manière que le volume de celui-ci soit la somme des volumes de tous les atomes qui la constituent. J'ai déjà fait remarquer combien peu ce principe est admissible *a priori*, et on peut même le regarder comme une simple transformation de la règle d'alliage qui conviendrait au mélange des corps composants, et sans aucun rapport à la combinaison proprement dite; aussi les auteurs qui l'ont employé ne l'ont ils pas trouvé immédiatement applicable aux résultats de l'observation; mais on conçoit qu'à l'aide des différentes hypothèses sur les volumes atomiques des composants mêmes, et de différentes modifications apportées au principe général, on pourra parvenir à représenter ces mêmes volumes atomiques donnés par l'observation, dont nous avons cherché à rendre raison par des réunions, ou divisions des atomes composés résultants de l'union de tous les atomes des composants en un seul atome. En effet M. Herman Kopp a supposé d'abord aux atomes composants dans la combinaison des volumes atomiques de grandeur très-différente, tels qu'il les leur avait attribués à l'état libre, n'admettant des volumes égaux ou à-peu-près égaux que pour les corps appartenants à certains groupes de substances ayant entr'elles une grande analogie, tandis que nous n'avons admis de différence un peu notable dans les volumes atomiques des corps simples qu'en raison de leur nombre affinitaire ou pouvoir électro-chimique, et que nous avons expliqué les disparités plus considérables dans ces volumes, qui se présenteraient relativement aux atomes admis par les chimistes, par des réunions ou divisions de ces atomes pour former la molécule à l'état solide ou liquide; ce sont ces différences entre les volumes atomiques des composants, introduites dans les volumes des atomes composés formés par leur juxta-position, qui ont suppléé dans

son système aux réunions et divisions de l'atome composé dont nous venons de parler. Mais comme cette manière de voir ne s'est pas trouvée présenter toujours un accord assez approché avec les volumes atomiques observés des corps composés, Kopp a admis lui-même pour quelques cas, dans la combinaison, des réunions ou divisions des atomes composants, qu'il ne leur avait pas attribuées à l'état libre. Pour d'autres composés il a assigné dans la composition aux corps élémentaires composants des volumes atomiques différents, et entièrement indépendants de ceux qui leur appartenaient selon lui à l'état libre, et variables encore selon les différentes classes de composés dont ils font partie, volumes qu'il a déterminés ainsi empiriquement de manière à satisfaire aux observations. Quant aux corps qui entrent dans la formation des corps composés connus, mais qui n'ont jamais été observés à l'état isolé, M. Kopp a été libre d'adopter pour eux, dans la composition, les volumes atomiques qui convenaient à l'application de ses principes, d'après la densité observée des composés.

Au moyen de ces différentes suppositions, et de l'arbitraire dont elles sont nécessairement affectées, M. Kopp a cru pouvoir établir, pour différentes classes de composés, certaines relations entre les volumes atomiques des corps composés, et ceux de leurs composants, communes aux corps de chaque classe, mais différentes d'une classe à l'autre. Ces relations doivent répondre, par différentes compensations mutuelles entre les bases hypothétiques adoptées par M. Kopp dans ses calculs, à celles que nous avons déduites de nos principes, en ayant égard à la connexion des volumes atomiques des corps soit simples soit composés, avec leur qualité électro-chimique, et aux réunions ou divisions que les atomes formés par la combinaison immédiate peuvent subir ensuite dans le composé qui en résulte; et nous allons donner ici quelques exemples de ces compensations, pour compléter la comparaison des résultats de Kopp avec ceux que nous avons cherché à établir dans ce Mémoire.

Nous observerons d'abord, quant aux composés binaires formés d'un seul atome de chacun de leurs composants, que si les volumes de ces deux atomes étaient égaux, et le volume atomique du composé devait être égal aussi à chacun d'eux, ce qui selon nos principes aurait lieu dans le cas d'égalité de nombre affinitaire entre les deux composants, et par conséquent aussi entre les composants, et le composé, le ré-

sultat pour le volume occupé par les deux atomes réunis après la combinaison serait le même, soit qu'on conçut ces deux atomes comme seulement juxta-posés, conformément à l'idée de Kopp, soit qu'on les considerât comme formant d'abord immédiatement un seul volume égal à celui de chacun des composants, et qu'on admît ensuite la division de cet atome en deux, comme nous le supposons pour plusieurs de ces composés d'atome à atome. Dans ce cas particulier il y aurait donc coïncidence entre les résultats de Kopp et les notres, et toute la différence se réduirait à concevoir le double volume dont il s'agit, ou comme celui d'un seul atome, ou comme appartenant à deux atomes du composé. Cette égalité de volumes atomiques entre les deux composants n'a pas lieu en général selon nos principes, mais dans quelques cas la différence n'est pas très-grande, et alors la coïncidence indiquée peut se vérifier au moins approximativement, et entre les limites des écarts que nous admettons dans l'application des lois dont il s'agit. En effet si l'un des atomes composants a un volume plus grand que l'autre, le volume des deux atomes juxta-posés, d'après l'idée de Kopp, sera moyen entre celui qui serait formé de deux atomes égaux au plus petit, et celui qui le serait de deux atomes égaux au plus grand; or dans ce cas selon nos principes le volume moléculaire du composé dont le double devrait égaler le volume atomique du composé admis par Kopp serait, non pas à la vérité exactement moyen, mais intermédiaire entre les volumes atomiques des deux composants, ce qui conduirait à une conformité approchée entre les deux systèmes.

L'analogue de tout ce que nous venons de dire peut être appliqué aux composés binaires qui seraient formés d'un atome de l'un des composants, et de trois atomes de l'autre; la coïncidence apparente approchée entre les résultats du système de la juxta-position, et de celui de la réunion chimique et division successive, aurait lieu alors dans le cas où il y aurait division en 4 de l'atome résultant immédiatement de la combinaison de tous les atomes en un seul.

Les composés de plus de deux substances peuvent offrir des rapprochements analogues pour différents cas particuliers, entre les deux systèmes.

Ces rapprochements n'auraient plus lieu, ou seraient moins marqués, si les nombres affinitaires des deux composants, et par conséquent leurs volumes moléculaires étaient très-différents entr'eux; mais alors si l'un

des deux composants n'était pas connu à l'état libre, au quel cas son volume atomique ne serait déterminé, selon le système de M. Kopp, que par la densité ou par le volume atomique du composé, le résultat de cette détermination sera toujours tel à satisfaire à cette densité, tout aussi bien que celui déduit des considérations dont nous faisons usage. Tel est le cas des substances oxigénées, où l'oxigène a selon nous un nombre affinitaire, et par là un volume moléculaire beaucoup moindre que celui d'un métal, par exemple, avec lequel il se combine; M. Kopp devra assigner à l'oxigène, pour satisfaire à la densité de l'oxide résultant, un volume atomique différent de celui que nous lui attribuons directement d'après nos principes, mais à l'aide du quel il y aura encore accord apparent dans les résultats des deux calculs pour la densité de l'oxide. Et si d'ailleurs les métaux particuliers, aux oxides des quels Kopp applique ce calcul, ne sont pas eux-mêmes très-différents entr'eux en nombre affinitaire, et par là en volume moléculaire, et si en même temps ces métaux ont aussi un poids atomique peu différent, et fort considérable par rapport à celui de l'oxigène (au quel cas les nombres affinitaires de leurs oxides de composition atomique analogue, seront eux-mêmes, d'après nos principes, assez rapprochés entr'eux), tous ces oxides donneront à-peu-près le même résultat pour la détermination du volume atomique de l'oxigène dans la combinaison, ou ce qui revient au même le volume moléculaire de l'oxigène déduit de l'un de ces oxides, selon la manière de calculer de M. Kopp, se trouvera aussi satisfaire à la densité des autres oxides analogues. C'est en effet ce qui s'est trouvé avoir lieu dans plusieurs applications de ce genre que M. Kopp à faites de sa manière de voir, et il en est résulté une confirmation apparente des bases de ses calculs.

Quant au volume atomique absolu de l'oxigène, celui que M. Kopp lui a assigné par une moyenne entre les résultats qu'il a déduits, d'après ses suppositions, de différents oxides, est 32, en le considérant comme exprimé par le quotient de son poids atomique 100, par la densité qu'il présenterait à l'état libre; cela revient à 0,32 en prenant pour le poids atomique de l'oxigène l'unité, comme nous l'avons fait dans ce Mémoire, et à $\frac{0,32}{0,65}=0,492$ relativement au volume atomique de l'or tel que Kopp l'estime, et qui est à-peu-près le même que nous admettons aussi. Ce volume atomique de l'oxigène est environ 17 fois plus grand que

celui que nous avons adopté pour l'oxigène supposé solide à l'état libre, savoir 0,0284, dans la même unité, comme étant le cube du nombre affinitaire 0,305 que nous avons attribué à l'oxigène en prenant pour unité celui de l'or. Au reste pour quelques oxides Kopp a dû supposer au volume atomique de l'oxigène y contenu, la moitié ou le double de ce nombre qu'il lui a attribué dans les autres oxides.

Nous avons déjà dit que dans quelques cas Kopp a été conduit à admettre pour le volume atomique d'un des composants dans quelques composés, un nombre différent de celui assigné à ce même composant à l'état libre, d'après la densité qu'il présente; l'on doit étendre à ces cas relativement à la comparaison de ses résultats avec les notres, tout ce que nous venons de dire pour le cas où le volume atomique d'un des composants n'est pas connu par sa densité à l'état libre, et n'est déterminé par Kopp que d'après la densité des composés dont il fait partie.

On voit qu'en général les volumes atomiques que M. Kopp a attribués aux différentes substances, dans leurs composés, d'après la densité des composés mêmes, selon sa manière de les concevoir, ont pu lui offrir des relations plus ou moins simples entre ces divers composés, par suite des analogies dans leur composition atomique, ou des compensations entre les poids atomiques, les nombres affinitaires, et les différentes réunions ou divisions de l'atome composé résultant immédiatement de la combinaison. Kopp a dû regarder ces relations comme des confirmations de sa manière de voir; mais elles ne seraient selon nous que des conséquences des principes que nous avons admis dans la formation des molécules composées, et des compensations dont nous venons de parler.

Il serait trop long et inutile d'entrer dans le détail des différentes manières dont ces compensations s'effectuent dans les divers composés particuliers que nous avons considérés dans ce Mémoire, et aux quels M. Kopp a aussi appliqué sa méthode de calcul; ce que nous venons de dire suffit pour rendre raison de la coïncidence plus au moins approchée de ses divers résultats avec ceux que nous avons adoptés par des principes entièrement différents, et de quelques-unes des relations et analogies qu'il a cru y remarquer entre les divers composés de composition atomique semblable. Je rappelerai seulement encore que parmi ces relations M. Kopp a trouvé aussi des anomalies qu'il n'a fait disparaître, que par des suppositions tout-à-fait arbitraires dans les volumes

atomiques qu'il a attribués à quelques-uns des composants dans les différentes combinaisons.

J'ai déjà parlé dans mon premier Mémoire de la liaison que M. Kopp admet entre les volumes des corps, et leur formes cristallines par rapport à l'isomorphisme, et j'ai fait là quelques remarques sur le peu de fondement que sa manière de voir me paraissait avoir pour ce qui regarde les corps simples. Quant aux corps composés j'observerai ici que quoique selon nos idées une molécule composée ne puisse être regardée comme un assemblage des molécules ou atomes de ses composants, juxta-posées l'une à l'autre, et que sa forme ne puisse par conséquent dépendre immédiatement des volumes relatifs, égaux ou inégaux, de ces molécules composantes, il est naturel de supposer que si les volumes de ces molécules sont différents dans leur état d'isolement, c'est-à-dire si leurs centres se trouvent à des distances inégales, ce qui doit avoir lieu, selon nous, pour les substances notablement différentes entr'elles en nombre affinitaire, ou pouvoir électro-chimique, ces molécules, lorsqu'elles entreront en combinaison avec d'autres, pour former une molécule composée, se placeront aussi à des distances inégales entr'elles, et par rapport à celles des substances avec lesquelles elles se combinent, et ainsi, en supposant d'ailleurs les composés de composition atomique analogue, et les molécules composantes disposées entr'elles d'une manière semblable, ces composés présenteront des molécules de formes particulières, qui ne différeront que par leurs angles, et les étendues relatives de leurs faces. Mais si les substances composantes d'un des composés qu'on compare, ont des nombres affinitaires respectivement peu différents de ceux des substances de l'autre composé, ces différences d'angles et d'étendue des faces seront aussi peu considérables, et on aura alors des substances isomorphes, ou presque isomorphes, telles qu'on les rencontre souvent parmi les composés de composition analogue. Au reste les résultats de cette considération peuvent être modifiés en une infinité de manières par la différente disposition que les molécules partielles peuvent prendre dans les molécules des divers composés, et par les réunions ou divisions des atomes immédiatement donnés par la combinaison, qui auront lieu pour l'un des composés, et non pour l'autre; et c'est aussi à ces circonstances qu'on peut rapporter les différents cas de dimorphisme d'une même substance

composée, ainsi que ceux d'allotropie (comme Berzelius l'appelle) d'un même corps simple.

Je noterai encore ici que dans l'application de ses principes M. Kopp s'est borné d'abord à considérer les volumes atomiques des corps, et particulièrement des corps solides, tels qu'ils sont à une température à-peu-près la même pour tous, c'est-à-dire à la température ordinaire. Depuis (*Annales de Chim. et Phys. avril*, 1843) il a cherché à donner plus d'exactitude à cette application, en rapportant ces volumes atomiques, surtout pour les corps liquides, à des températures particulières séparément déterminées pour chacun d'eux, et dans lesquelles on pourrait les regarder comme dans un état moléculaire analogue, ainsi que je l'ai déjà remarqué dans mon premier Mémoire. C'est une question à laquelle je m'abstiendrai pour le moment de toucher, ayant cru devoir m'en tenir dans le présent Mémoire à la comparaison des corps pris à une même température, comme fournissant une approximation suffisante, du moins pour les corps solides, dans l'application de nos principes. Nous pourrons par la suite nous occuper des modifications que peut y apporter la considération dont nous venons de parler, et qui se lie nécessairement à des recherches étrangères à notre objet présent.

J'ai fait mention dans mon premier Mémoire des idées de M. Schröder sur les volumes atomiques des corps (*Annales de Poggendorff*, 1840, n.° 8), comme ayant beaucoup de ressemblance, quant aux corps simples, avec celles de M. Kopp; celles relatives aux corps composés n'ont pas moins d'analogie avec la manière de voir de ce dernier; la supposition fondamentale est toujours que les molécules des corps composés soient formées par la juxta-position des molécules des corps composants, et les considérations dans lesquelles je suis entré ci-dessus sur la comparaison des résultats de l'application de cette idée aux différents composés, avec ceux aux quels j'ai été conduit dans le présent Mémoire, peuvent en général s'y rapporter également. Cependant M. Schröder a introduit dans l'application de cette manière de voir aux composés particuliers quelques modifications qui lui sont propres, et dont la principale est la suivante. M. Kopp a admis en plusieurs cas, comme nous avons déjà dit, dans les molécules qui appartiennent aux corps simples à l'état libre, des changements de volume lors de leur union pour former des atomes composés, tels à satisfaire à la densité des corps composés, et sans aucun rapport simple avec les volumes primitifs;

dans quelques cas particuliers seulement il a supposé un redoublement de volume atomique, ou une division en deux, pour quelqu'un des composants. Schröder a admis plus généralement que chaque substance élémentaire peut, en entrant en combinaison avec d'autres, prendre des volumes de molécules formant la série des nombres naturels 1, 2, 3, 4 etc. M. Schröder regarde ces changements de volume dans les composants d'un corps solide ou liquide, comme analogues aux lois de condensation présentées par les gaz composés relativement aux volumes des gaz composants; les lois, dit-il, de la densité des composés gazeux sont connues depuis longtemps, mais on ne savait pas jusqu'à présent si les condensations qu'on y observe, doivent être prises pour des condensations de volume de la *combinaison* même comparativement avec le volume des éléments, ou comme des condensations de l'un ou de l'autre élément de la combinaison. Schröder ayant admis ce dernier principe pour les corps composés solides ou liquides, croit qu'on doit l'étendre aussi aux corps gazeux. Mais l'observation y est contraire pour ces derniers corps, relativement aux quels j'ai fait voir depuis longtemps, dans mes Mémoires sur ce sujet (*Journal de Phys. de* La Métherie, *juillet* 1811, *et février* 1814, et *Mémoires de l'Acad. de Turin, Tom. XXVI*), que les cas les plus fréquents étaient celui de l'égalité de volume du gaz composé relativement au gaz composant qui y entre pour un seul volume, et celui du redoublement de ce volume, sans aucune relation avec les volumes particuliers des autres gaz composants; ou ce qui revient au même celui de la réunion de tous les volumes des gaz composants en un seul volume, et celui de la séparation de ce volume en 2 vol., ou atomes gazeux. Quelque fois seulement on observe la division en 4 etc., et ce sont ces mêmes divisions d'atomes en 2, 4, etc. que j'ai admises aussi dans le présent Mémoire pour les corps solides ou liquides lorsque la réunion des atomes composants ne forme pas un seul atome composé.

Les redoublements, triplications, etc. de volumes des molécules des composants, admis par Schröder, remplacent dans son système (conjointement aux différents volumes que Schröder, comme Kopp, a attribués aux molécules des corps simples isolés) les réunions, et divisions de la molécule composée dont nous venons de parler dans les combinaisons. En effet la même densité peut être satisfaite d'une manière approchée par des nombres convenables de divisions ou réunions de volumes appliquées aux atomes composants, tout aussi bien qu'elle peut l'être, et selon

nous d'une manière plus rationnelle, en admettant des réunions ou divisions des atomes composés mêmes résultant de la combinaison. C'est à cette différente condensation, comme il l'appelle, des volumes des atomes composants, que Schröder attribue sur tout le dimorphisme ou polymorphisme d'un même corps, tandis que l'isomorphisme aurait lieu entre des corps composés de différents éléments, mais en nombres atomiques semblables, lorsque ces éléments auraient à l'état isolé des volumes atomiques égaux ou fort peu différents, et entreraient dans les composés, ou en retenant le même volume atomique qu'à l'état libre, ou en subissant des multiplications par un même nombre; sur quoi je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit à propos des idées de Kopp à cet égard.

M. Schröder a lié avec son système sur la formation des volumes des atomes composés quelques autres propositions qu'il regarde comme probables, quoique non démontrées encore par l'expérience, et qui se rapportent à la dilatation par la chaleur, et à la chaleur spécifique des corps composés relativement à celles des corps composants; mais ces points étant en connexion avec des recherches d'un autre genre que celles qui font l'objet de ce Mémoire, je ne m'y arrêterai pas.

J'ajouterai que M. Schröder s'est occupé plus récemment en particulier des corps liquides organiques, et a cherché, comme Kopp, à rendre raison de leur densité par la simple juxta-position des volumes atomiques de leurs composants immédiats, en prenant ces corps à des températures particulières à chacun d'eux, et dépendantes de leur lois de dilatation, et du point de leur ébullition (*Annales de Poggendorff*, 1844, n.° 16 et suiv.). C'est là, comme j'ai déjà dit, un sujet dans lequel je n'ai pas dû entrer dans ce Mémoire, par les raisons que j'ai indiquées. Je noterai seulement à cet égard que Schröder a introduit dans ces spéculations beaucoup de suppositions arbitraires, et par lesquelles on pourrait plier les observations à des idées systématiques quelconques, comme M. Hermann Kopp l'a fait remarquer lui-même (*Annales de Poggendorff*, 1844, n.° 10). Quant aux considérations par lesquelles Schröder a cherché à faire dépendre de la composition atomique de ces mêmes liquides l'élévation plus ou moins grande de leur point d'ébullition, elles sont trop éloignées de notre objet présent pour que nous puissons nous en occuper.

Dernièrement M. Löwig dans un Traité de Chimie organique, et dans un Mémoire publié dans les Annales de Poggendorff, 1845, n.° 2,

a proposé de nouvelles idées sur le volume atomique des composés organiques liquides; mais elles sont toujours fondées sur la supposition de la juxta-position des volumes des atomes composants dans la formation des molécules composées, et on peut d'ailleurs faire à ses explications les mêmes reproches qu'à celles de Schröder; rien ne prouve mieux le défaut de l'idée principale, dont nous venons de parler, que la multiplicité des hypothèses particulières par lesquelles on a cherché à en faire dépendre les volumes atomiques observés des corps composés.

FIS 1362